



ISSN 0044-4472

4'2021

# ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

научно-технический и производственный журнал

[www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)

[www.journal-hc.ru](http://www.journal-hc.ru)

издается с 1958 г.

## ГЕОРЕКОНСТРУКЦИЯ



ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ОБСЛЕДОВАНИЯ

ИЗЫСКАНИЯ

ГЕОТЕХНИКА



- АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ;
- ВСЕ ВИДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ;
- ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ;
- РАСЧЕТЫ ОСНОВАНИЙ И ЗДАНИЙ (СООРУЖЕНИЙ);
- ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ;
- СОХРАНЕНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ;
- НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕОТЕХНИКИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСНОВАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.

ПИ «ГЕОРЕКОНСТРУКЦИЯ»

190005, Санкт-Петербург,  
Измайловский пр., д. 4

Тел.: +7 (812) 339 35 87

+7 (812) 575 35 87

Факс: +7 (812) 575 36 25

E-mail: [mail@georec.spb.ru](mailto:mail@georec.spb.ru)

[georeconstruction.com](http://georeconstruction.com)

[georeconstruction.ru](http://georeconstruction.ru)



Комитет Торгово-промышленной палаты РФ  
по предпринимательству в сфере строительства

АО «ЦНИИЭП жилища – институт комплексного проектирования  
жилых и общественных зданий» (АО «ЦНИИЭП жилища»)

Объединенная редакция научно-технических журналов  
«Жилищное строительство» и «Строительные материалы»®



# XI Международная научно-практическая конференция «**InterConPan-2021: индустриальное домостроение для комплексного развития территорий**»

## InterConPan-2021

International Conference of Large-panel Construction

**28-30 Июня 2021 г. / June 28-30, 2021**

**Отель «Золотое кольцо» Управления делами Президента РФ (Москва, ул. Смоленская, 5)**

### ТЕМАТИКА:

- Оборудование и технологии для модернизации предприятий индустриального домостроения
- Инновационные строительные системы
- BIM-технологии в сборном домостроении
- Современные бетоны, добавки и пигменты
- Архитектурно-планировочные решения
- Решения фасадов и внутренней отделки
- Качественное и энергоэффективное индустриальное строительство
- Комплексное развитие территорий застройки
- Малоэтажное индустриальное строительство

### ПРОГРАММА:

- 1-й день** Пленарное заседание  
Секции: «Архитектура крупнопанельных зданий и комплексное развитие территорий»;  
«Инновационная технология предприятий индустриального домостроения»;  
«BIM-технологии в индустриальном домостроении»
- 2-й день** Выездная сессия на предприятия индустриального домостроения Москвы и Московской области
- 3-й день** Выездная сессия на объекты строительства Москвы и Московской области

Постоянный спонсор

**PROGRESS GROUP**

Постоянный партнер

**ALLBAU**  
software

Партнеры

**SOMMER**  
PRECAST TECHNOLOGY

К проведению конференции готовятся тематические номера журналов «Жилищное строительство» № 5 и «Строительные материалы» № 5, в которых будут опубликованы основные пленарные и секционные доклады. Представление докладов в виде статей до 20.04.2021 г.

[www.interconpan.ru](http://www.interconpan.ru)

Организационный комитет: +7 (499) 976-20-36, 976-22-08

kpd-conf@mail.ru; mail@rifsm.ru www.rifsm.ru

Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3, оф. 408, редакция журнала «Жилищное строительство»

Учредитель журнала: АО «ЦНИИЭП жилища»  
Адрес: Россия, 127434, Москва,  
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

Издатель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»  
Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,  
д. 9, корп. 1, кв. 1

Входит в Перечень ВАК,  
государственный проект РИНЦ  
и RSCI на платформе Web of Science

Журнал зарегистрирован Министерством РФ  
по делам печати, телерадиовещания  
и средств массовой информации  
№ ФС77-64906

#### Главный редактор

ЮМАШЕВА Е.И.,  
инженер-химик-технолог,  
почетный строитель России

#### Редакционный совет:

НИКОЛАЕВ С.В.,  
председатель, д-р техн. наук,  
АО «ЦНИИЭП жилища» (Москва)

АЗАРОВ В.Н.,  
д-р техн. наук (Волгоград)

АКИМОВ П.А.,  
д-р техн. наук, академик РААСН  
(Москва)

АЛЕКСЕЕВ Ю.В.,  
д-р архитектуры, профессор (Москва)

ВАВРЕНЮК С.В.,  
д-р техн. наук, член-корреспондент  
РААСН (Владивосток)

ВОЛКОВ А.А.,  
д-р техн. наук, член-корреспондент  
РААСН (Москва)

ГАГАРИН В.Г.,  
д-р техн. наук, член-корреспондент  
РААСН (Москва)

ЖУСУПБЕКОВ А.Ж.,  
д-р техн. наук (Астана, Казахстан)

ЗВЕЗДОВ А.И.,  
д-р техн. наук, президент Ассоциации  
«Железобетон» (Москва)

ИЛЬИЧЕВ В.А.,  
д-р техн. наук, академик РААСН  
(Москва)

КОЛЧУНОВ В.И.,  
д-р техн. наук, академик РААСН  
(Курск)

МАНГУШЕВ Р.А.,  
д-р техн. наук, член-корреспондент  
РААСН (Санкт-Петербург)

ОРЕЛЬСКАЯ О.В.,  
д-р архитектуры, член-корреспондент  
РААСН, профессор (Нижний Новгород)

СУББОТИН О.С.,  
д-р архитектуры (Краснодар)

ТЕР-МАТИРОСЯН А.З.,  
д-р техн. наук (Москва)

ТИХОНОВ И.Н.,  
д-р техн. наук (Москва)

#### Авторы

опубликованных материалов несут  
ответственность за достоверность  
приведенных сведений, точность данных  
по цитируемой литературе  
и за использование в статьях данных,  
не подлежащих открытой публикации.

#### Редакция

может опубликовать статьи  
в порядке обсуждения,  
не разделяя точку зрения автора.

#### Перепечатка

и воспроизведение статей, рекламных  
и иллюстративных материалов возможны  
лишь с письменного разрешения главного  
редактора.

**Редакция не несет ответственности  
за содержание рекламы и объявлений.**

# ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Издается с 1958 г.

4'2021

## Сохранение архитектурного наследия

Д.А. ЛОБОВИКОВ, А.Г. ШАШКИН, В.А. ШАШКИН

Здания железно-каменной конструкции в Санкт-Петербурге рубежа XIX–XX веков . . . . . 3

Н.С. СОКОЛОВ

Особенности геотехнической практики возведения четырехэтажного кирпичного здания  
вблизи объекта культурного наследия . . . . . 18

## Организация строительного производства

Л.М. КОЛЧЕДАНЦЕВ, И.М. ЧАХКИЕВ, Я.С. МОВШОВИЧ

Преимущества бестраншейного способа прокладки волоконно-оптического кабеля  
в грунт кабелеукладчиком . . . . . 23

## Градостроительство и архитектура

А.Р. КРЮКОВ

Архитектурные формы, их значимость и знаковость . . . . . 31

## Тепловая защита зданий

ЧЖИБО ЧЖОУ, Е.В. КОРКИНА, ЧЭН СУНЬ, М.Д. ТЮЛЕНЕВ

Исследование теплоступлений и теплопотерь через низкоэмиссионное остекление  
в городах Китая . . . . . 39

## Общие вопросы строительства

В.В. ШЕВЯКОВ

Построение эпюр давлений и схемы замещения бытовой печи . . . . . 47

Founder of the journal: AO «TSNIEP zhilishcha»  
Address: 9/3 Dmitrovskoye Highway, 127434,  
Moscow, Russian Federation

Publisher: «STROYMATERIALY»  
Advertising-Publishing Firm, OOO  
Address: 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,  
Moscow, 125319, Russian Federation

The journal is registered by the RF Ministry  
of Press, Broadcasting and Mass  
Communications, № FS77-64906

**Editor-in-chief**

YUMASHEVA E.,  
*chemical process engineer,  
Honorary Builder of Russia*

**Editorial Board:**

NIKOLAEV S.,  
*Chairman,  
Doctor of Sciences (Engineering),  
AO «TSNIEP zhilishcha» (Moscow)*

ALEKSEEV Yu.,  
*Doctor of Architecture, Professor  
(Moscow)*

AZAROV V.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
(Volgograd)*

AKIMOV P.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Academician of RAACS (Moscow)*

VAVRENIUK S.,  
*Doctor of sciences (Engineering),  
Corresponding member of RAACS  
(Vladivostok)*

VOLKOV A.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Corresponding member of RAACS  
(Moscow)*

GAGARIN V.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Corresponding member of RAACS  
(Moscow)*

ZHUSUPBEKOV A.,  
*Doctor of Sciences (Engineering)  
(Astana, Kazakhstan)*

ZVEZDOV A.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
President, Association «Zhelezobeton»  
(Moscow)*

IL'ICHEV V.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Academician of RAACS, Research  
Supervisor of the Academic Scientific  
and Creative Center of RAACS (Moscow)*

KOLCHUNOV V.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Academician of RAACS (Kursk)*

MANGUSHEV R.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Corresponding member of RAACS  
(Saint-Petersburg)*

ORELSKAYA O.,  
*Doctor of Architecture, Corresponding  
Member of RAACS, Professor (Nizhny  
Novgorod)*

SUBBOTIN O.,  
*Doctor of Architecture (Krasnodar)*

TER-MARTIROSIAN A.,  
*Doctor of sciences (Engineering)  
(Moscow)*

TIKHONOV I.,  
*Doctor of Sciences (Engineering)  
(Moscow)*

**The authors**

of published materials are responsible for the  
accuracy of the submitted information, the  
accuracy of the data from the cited literature  
and for using in articles data which are not  
open to the public.

**The Editorial Staff**

can publish the articles as a matter for discus-  
sion, not sharing the point of view of the author.

**Reprinting**

and reproduction of articles, promotional and  
illustrative materials are possible only with the  
written permission of the editor-in-chief.

**The Editorial Staff is not responsible for  
the content of advertisements and  
announcements.**

# ZHILISHCHNOE STROITEL'STVO

Published since 1958

**4'2021**

## Preservation of architectural heritage

D.A. LOBOVIKOV, A.G. SHASHKIN, V.A. SHASHKIN

Buildings of Iron-Stone Structure in St. Petersburg at the Turn of the XIX–XX Centuries . . . . . 3

N.S. SOKOLOV

Features of the Geotechnical Practice of Constructing a Four-Story Brick Building

Near a Cultural Heritage Object . . . . . 18

## Organization of construction works

L.M. KOLCHEDANTSEV, I.M. CHAKHKIEV, Ya. S. MOVSHOVICH

Advantages of the Trenchless Method of Laying Fiber-Optic Cable

into the Ground By a Cable-Laying Machine . . . . . 23

## Town planning and architecture

A.R. KRYUKOV

Architectural Forms, the Significance and Iconic . . . . . 31

## Heat protection of buildings

ZHIBO ZHOU, E.V. KORKINA, CHENG SUN, M.D. TYULENEV

Analysis of Heat Gain and Heat Loss Through Low-E Glazing in Chinese Cities. . . . . 39

## General issues of construction

V.V. SHEVIAKOV

Plotting Pressure Diagrams and Substitution Schemes for a Household Oven . . . . . 47

**Editorial address:** 9/3 Dmitrovskoye Hwy, 127434, Moscow, Russian Federation

**Tel.:** (499) 976-22-08, 976-20-36

**Email:** mail@rifsm.ru

**http://www.journal-hc.ru**

**http://www.rifsm.ru**

УДК 728.03

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-3-17>

Д.А. ЛОБОВИКОВ, канд. техн. наук, А.Г. ШАШКИН, д-р геол.-минер. наук (9563513@gmail.com),  
В.А. ШАШКИН, канд. техн. наук (4095438@gmail.com)

ПИ «Геореконструкция» (190005, г. Санкт-Петербург, Измайловский пр., 4)

## Здания железно-каменной конструкции в Санкт-Петербурге рубежа XIX–XX веков

*Здания железно-каменной конструкции – важный этап в развитии строительного дела. Это первые многоэтажные здания, использующие металлический каркас и огнестойкую кирпичную облицовку колонн. С них начинается современная история небоскребов. В настоящее время особенности их конструктивного решения изрядно подзабыты, поскольку железно-каменные конструкции вскоре были вытеснены железобетонными. В статье приведены краткие исторические данные о зарождении этого специфического типа зданий в Америке, о причинах, побудивших архитекторов и инженеров изобретать новые конструкции. Приведены также данные о результатах изучения этого американского новшества ведущими российскими гражданскими инженерами, которые были командированы в США и по результатам поездки оставили ценные описания конструктивного решения и технологии строительства. Основное внимание в статье уделено двум классическим примерам железно-кирпичных зданий, построенных в Санкт-Петербурге в первой трети XX в., которые свидетельствуют о высокой скорости распространения по миру прогрессивных идей в области строительства. Это дом Зингера на Невском проспекте, известный всем под названием «Дом книги», и бельгийско-голландский торговый дом «Эсдерс и Схейфальс» на углу Мойки и Гороховой улицы. Приведены результаты современного обследования этих зданий, знакомящие с особенностями исторической железно-каменной конструкции. Американские предшественники и ровесники этих зданий в большинстве своем не дошли до нашего времени, были разобраны и заменены новыми весьма лапидарными высотными строениями. Петербургские аналоги – яркие представители стиля модерн, несмотря на критику современников, заслуженно получили статус памятников архитектуры, а следовательно, шанс сохраниться как пример в истории развития строительного искусства (конечно же, при надлежащей эксплуатации).*

**Ключевые слова:** железно-каменные конструкции, первые небоскребы, каркасные здания, история строительного дела, кирпичная облицовка металлических колонн, численные расчеты.

**Для цитирования:** Лобовиков Д.А., Шашкин А.Г., Шашкин В.А. Здания железно-каменной конструкции в Санкт-Петербурге рубежа XIX–XX веков // *Жилищное строительство*. 2021. № 4. С. 3–17.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-3-17>

D.A. LOBOVIKOV, Candidate of Sciences (Engineering), A.G. SHASHKIN, Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy) (9563513@gmail.com),  
V.A. SHASHKIN, Candidate of Sciences (Engineering) (4095438@gmail.com)  
PI “Georeconstruction” (4, Izmailovsky prospect, Saint Petersburg, 190005, Russian Federation)

### Buildings of Iron-Stone Structure in St. Petersburg at the Turn of the XIX–XX Centuries

Buildings of iron-stone design are an important stage in the development of the construction business. They are the first multi-storey buildings with the use of a metal frame and fire-resistant brick facing of columns. The modern history of skyscrapers begins with them. Currently, the features of their design solutions are pretty much forgotten, since iron-stone structures were soon replaced by reinforced concrete. The article provides brief historical data about the origin of this specific type of buildings in America, about the reasons that prompted architects and engineers to invent new designs. The article presents data on the results of the study of this American innovation by leading Russian civil engineers who were sent to the United States and left valuable descriptions of the design solution and construction technology based on the results of the trip. The article focuses on two classic examples of iron-brick buildings built in St. Petersburg in the first decade of the XX century, which indicate the high speed of the spread of progressive ideas in the field of construction around the world. This is the Singer House on Nevsky Prospekt, known to everyone as the “House of the Book” and the Belgian-Dutch Trading House “Esders and Scheifals” on the corner of Moika and Gorokhovaya St. The results of a modern survey of these buildings, introducing the features of the historical iron-stone structure, are presented. The American predecessors and contemporaries of these buildings, for the most part, have not reached our time, were dismantled and replaced with new very lapidary high-rise buildings. St. Petersburg analogues – bright representatives of the Art Nouveau style, despite the criticism of contemporaries, deservedly received the status of architectural monuments, and, consequently, a chance to remain as an example in the history of the development of the art of construction (of course, with proper operation).

**Keywords:** iron-stone structures, first skyscrapers, frame buildings, history of construction, brick cladding of metal columns, numerical calculations.

**For citation:** Lobovikov D.A., Shashkin A.G., Shashkin V.A. Buildings of iron-stone structure in St. Petersburg at the turn of the XIX–XX centuries. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2021. No. 4, pp. 3–17. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-3-17>

Появление зданий высотой в десять этажей и больше стало возможным благодаря двум техническим решениям: изобретению безопасного лифта (Э. Отис, 1857), позволяющего человеку преодолевать значительную высоту без затраты собственных сил, а также применению металла в качестве строительного материала. Последнее привело к подлинной революции в строительном деле. Конструктивные решения и строительные технологии, не меняющиеся существенно на протяжении столетий и даже тысячелетий со времен античности, получили мощный импульс к развитию. Особенно наглядны плоды этой революции в Новом Свете, свободном от сдерживающих европейских градостроительных традиций. Именно поэтому российские гражданские инженеры на рубеже XIX и XX вв. с таким интересом изучали американский опыт строительства первых каркасных зданий.

Каркасная схема была известна с древних времен (можно вспомнить и норвежские деревянные каркасные церкви – ставкир-

ки, и фахверковые дома средневековых городов Европы), но именно применение такого прочного строительного материала, как металл, придало каркасу новое качество. Начиналась новая глава строительного дела с возникновения кирпичных зданий с железным скелетом.

### Что такое железно-каменная конструкция

Определение такой конструкции было дано в 1896 г. «Под железно-каменной конструкцией подразумевается железный или стальной остов, одетый нетеплопроводным и огнебезопасным материалом, как то: камнем, кирпичом, терракотой и т. п. Промежутки остова заполняются каменной или чаще кирпичной кладкой. Остов, вообще говоря, состоит из колонн (чугунных, железных или стальных), соединенных между собою главными и стенными балками, а к этим балкам прикрепаны поперечные меньшего профиля, между которыми устраиваются междуэтажные перекрытия той или другой конструкции» [1].

Первые железные прокатные двутавровые балки были изготовлены в 1853 г. во Франции и Англии, а в 1854 г. – в Америке, однако стальные прокатные балки появились там лишь около 1885 г. [2].

Железо долгое время считалось огнестойким и поэтому стало широко применяться в строительстве. Однако несколько случаев обрушения зданий при пожаре и открытие свойства текучести железа при температуре уже 540°C заставило в 1870 г. признать необходимость противопожарной защиты железных конструктивных элементов [2].

До 1880 г. высота 9–10 этажей являлась практическим пределом для зданий как в Америке, так и в России. Первым шагом в сторону новых конструкций было применение железа в фундаментах. В 1881 г. в Чикаго при постройке 10-этажного здания на обыкновенном фундаменте со ступенчатым расширением книзу понадобилось устроить техническое помещение в подвальной части, обычно почти полностью занимаемой фундаментом. Было предложено заме-



**Рис. 1.** Первые высотные здания железно-кирпичной конструкции (по свидетельству современника их строительства гражданского инженера П. Лихачева [1]): а – Life Assurance Building, Нью-Йорк (построено в 1870 г., сгорело в 1912 г.); б – Masonic Temple, Чикаго (построено в 1892 г., снесено в 1939 г.); в – The American Surety-building, Нью-Йорк (построено в 1895 г., сохранилось до наших дней, пережив две реконструкции)

**Fig. 1.** The first high-rise buildings of iron-brick construction (according to a contemporary of their construction, civil engineer P. Likhachev [1]): а – Life Assurance Building, New-York (built in 1870, burned down in 1912.), б – Masonic Temple, Chicago (built in 1892, demolished in 1939); в – The American Surety-building, New York (built in 1895, survived to the present day, having survived two reconstructions)

нить пирамидальный фундамент стенкой, стоящей на заделанных в бетон рельсах, распределяющих нагрузку на большую площадь. Одновременно с этим случаем появилась тенденция для облегчения наружных стен ставить вплотную к ним металлические колонны, на которые опирали перекрытия [2].

Затем в 1883 г. в Чикаго было построено 10-этажное здание, в котором архитектор Дженни задался целью достигнуть возможно лучшего освещения помещений. Для этого все перекрытия были оперты на чугунные колонны, а к фасадному ряду колонн были прикреплены балки, служащие перемычками больших оконных проемов и передающие груз поддерживаемой ими кладки на колонны. Совершенно освободив таким образом простенки от груза, архитектор сузил их до предела, обусловленного их собственной устойчивостью. «Эти идеи скоро нашли себе обширное применение, и здания, освобожденные от грузных стен, стали быстро расти вверх...» [2].

Так и появился тип здания, которое в настоящее время называется *каркасным*.

Первые пассажирские лифты (компании «Отис») появились в нью-йоркском здании Life Assurance Building, построенном в 1870 г. (рис. 1, а). Это обстоятельство, а также решение 10-этажного строения высотой 41,4 м в железно-кирпичных конструкциях дают основание считать его предвестником появления небоскребов. Хотя здание рекламировалось как пожаробезопасное, оно сгорело в 1912 г., в результате чего погибли шесть человек. В 1892 г. в Чикаго было построено 20-этажное здание Masonic Temple высотой 82 м (рис. 1, б), а в конце 1895 г. в Нью-Йорке на углу Пайн-стрит и Бродвея было возведено 21-этажное здание (The American Surety-building – рис. 1, с) высотой 45 саженей (96 м) [1].

Для изучения опыта высотного строительства в Америку в 1885–1907 гг. Министерством внутренних дел были командированы российские специалисты: гражданский инженер, специалист в области строительных материалов, основоположник научного строительного материаловедения В.В. Эвальд (1860–1935) и российский и югославский архитектор, военный инженер В.Ф. фон Баумгартен (1879–1962), труды которых позволяют представить конструктивное решение этих зданий [2, 3].

Особенности конструктивных схем зданий данного типа заключаются в следующем:

- фундаменты – монолитные бетонные, армированные прокатными балками;
- колонны – прокатные составные, с огнезащитной кирпичной обкладкой, стыки колонн по высоте – через этаж;
- фасадные стены с витринными проемами – кирпичные навесные, опираются на стальные балки каркаса;
- балки перекрытий – металлические клепаные и прокатные, заполнения между балками – не-

сгораемые бетонные; сопряжения балок с колоннами – шарнирные.

При проектировании американских зданий применялись следующие правила:

- при предварительном определении нагрузок на фундаменты вес 1 м<sup>3</sup> строительного объема каркасной части принимался равным 150 кг;
- вес 1 м<sup>2</sup> перекрытий с перегородками принимался равным 450 кг;
- величина полезной нагрузки на перекрытия в деловых зданиях принималась равной 180 кг/м<sup>2</sup>;
- при расчете колонн вводился понижающий коэффициент, учитывавший фактор одновременности загрузки вышележащих перекрытий; расчет колонн производился с учетом устойчивости, по формуле Ренкина, без учета эксцентриситетов от действия постоянной нагрузки;
- при расчете балок вводился коэффициент, учитывавший одновременность загрузки грузовой площади балки;
- величина ветровой нагрузки принималась равной около 150 кг/м<sup>2</sup>;

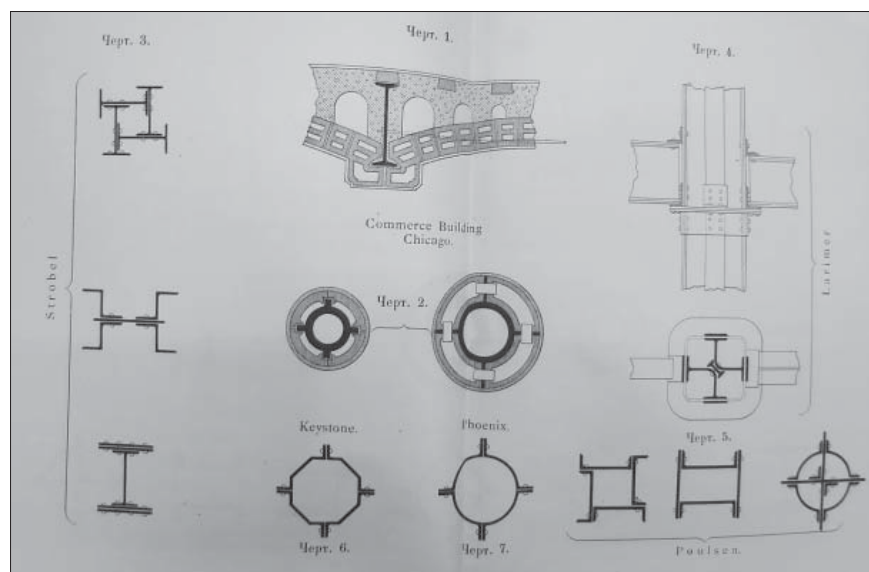
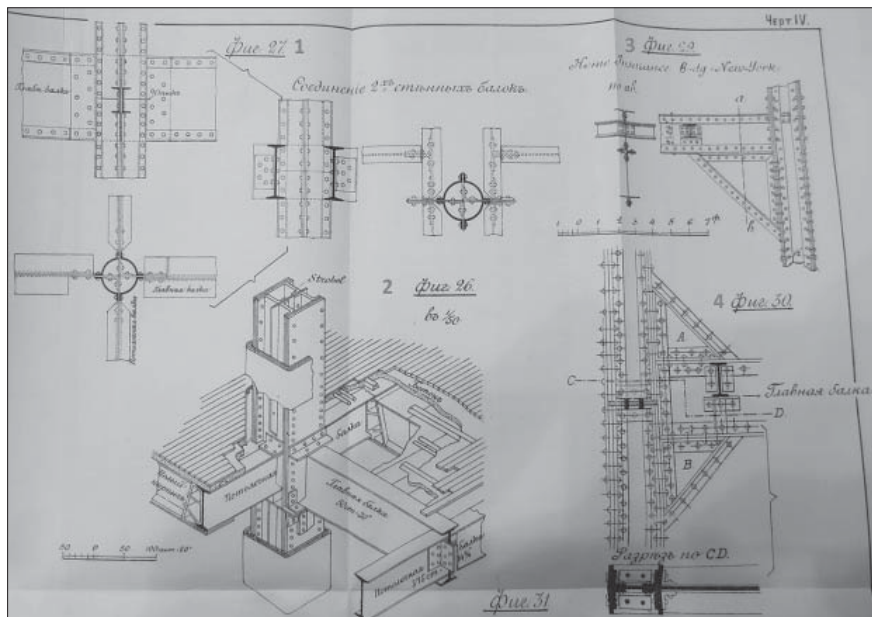


Рис. 2. Пример элементов каркаса железно-каменных зданий [3]: чертеж 1 – несгораемые своды в Commerce Building, Чикаго; чертеж 2 – облицовка терракотой чугунных колонн; чертеж 3 – типы стальных стоек различных заводов

Fig. 2. Example of elements of the frame of iron-stone buildings [3]: Drawing 1 – Fireproof vaults in Commerce Building, Chicago; Drawing 2 – terracotta cladding of cast-iron columns; Drawing 3 – types of steel racks of various plants



**Рис. 3.** Пример выполнения узлов каркаса железно-кирпичных зданий [1]: 1 – узел стыка стойки с главными и потолочными балками для стойки типа Phoenix (части стальных и железных колонн соединяются в одно целое прямым стыком, укрепленным накладками или уголками); 2 – то же для стойки типа Strobel; 3 – узел опирания балок на консоли колонны; 4 – узел опирания главной балки на стойку с применением двух угловых кронштейнов для большей жесткости высоких зданий

**Fig. 3.** Example of the execution of the frame nodes of iron-brick buildings [1]: 1 – the joint assembly of the rack with the main and ceiling beams for the Phoenix type rack (parts of steel and iron columns are connected into one whole by a straight joint reinforced with overlays or corners); 2 – the same is true for the Strobel type; 3 – the support unit of the beams on the column consoles; 4 – the main beam support unit on the rack with the use of two corner brackets for greater rigidity of tall buildings

– расход металла определялся из величины  $15 \text{ кг/м}^3$  строительного объема здания.

Конкретные величины нагрузок и коэффициентов утверждались городскими властями. Каркасы изготавливались на заводах, на строительных площадках производилась их скоростная сборка. В процессе проектирования широко использовались диаграммы подбора сечений, разработанные заводами-изготовителями каркасов.

Фотографии чертежей [1, 3] дают некоторое представление об элементах и узлах железно-кирпичных зданий (рис. 2, 3). Тогда, на заре современной промышленной эры, колонны разного сечения, как изделия, носили имена собственные. Стыковка металлических элементов осуществлялась на заклепках.

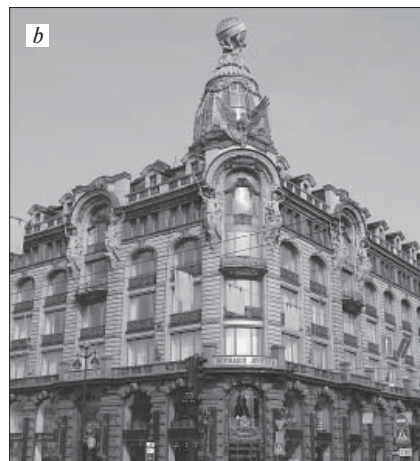
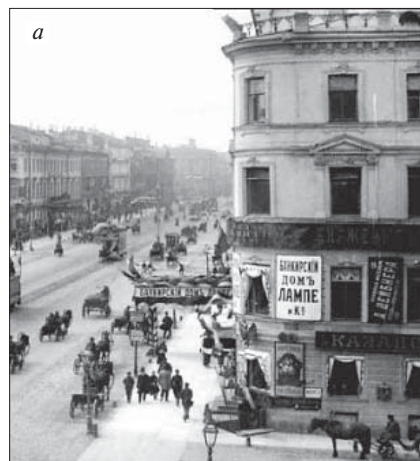
Приведенные сведения предназначены не только для утоления любопытства современного специалиста. Они оказались весьма востребованными при реставрации и приспособлении для современного использования двух известных петербургских зданий, которые оказались «близкими родственниками» нью-йоркских и чикагских небоскребов конца XIX – начала XX в.

### Дом, не ставший небоскребом

Весьма примечательна ремарка русского инженера, сделанная в самом конце XIX в.: «Очевидно, что стремлению американских зодчих в высоту должен быть положен предел, если не техникою строительного дела, то полицейско-санитарными постановлениями. Нельзя, в самом деле, допустить, чтобы улицы таких многолюдных городов, как Нью-Йорк, Чикаго, Филадельфия, Бостон и др., обратились в глубокие траншеи, никогда не освещаемые солнцем и плохо проветриваемые» [1].

История первого в России железно-кирпичного здания, не ставшего небоскребом, несмотря на потенциальную предрасположенность к этому заложенных в его остоле металлических конструкций, показывает, что того же мнения придерживалось и российское градостроительное законодательство. Речь идет о знаменитом доме Зингера на углу Невского проспекта и Екатерининского канала.

На месте современного здания, известного сегодня всем под именем «Дом книги», стоял четырехэтажный дом, вполне привычный для петербургской застройки (рис. 4, а).



**Рис. 4.** Дом на углу Невского пр. и Екатерининского канала (канал Грибоедова): а – строение середины XIX в., б – дом Зингера (1902–1904)

**Fig. 4.** House on the corner of Nevsky Prospect and Catherine Canal (Griboyedov Canal): а – the building of the middle of the XIX century, б – the Singer House (1902–1904)



Участок застройки размером  $28,5 \times 53$  м был куплен за 1 млн р., что даже для центра Санкт-Петербурга по тем временам было довольно дорого. Компания «Зингер» собиралась построить высотное здание с одной лестницей и несколькими лифтами, но уже после покупки участка была неприятно удивлена ограничением высоты застройки в городе. Согласно законодательному акту [4] «... высота возводимых вновь в Санкт-Петербурге частных домов, во сколько бы этажей они ни были, не должна вообще превышать ширину улиц и переулков, где они строятся... На площадях же и других открытых местах, а равно и на таких улицах, которые имеют в ширину более одиннадцати сажен, не допускать постройки жилых зданий выше сей меры, т. е. одиннадцати сажен» (23,47 м) [4]. Здание было построено в 1902–1904 гг. по проекту графа П.Ю. Сюзора – русского архитектора (1844–1919), академика архитектуры Императорской Академии художеств, профессора Института гражданских инженеров, автора проектов 100 зданий – в стиле модерн (рис. 4, b). Единственной возможностью обойти высотный запрет было устройство башенки (вытянутого застекленного купола) и мансардного этажа.

Следует заметить, что через год после окончания строительства здания на Невском проспекте компания «Зингер» реализовала свои амбиции, построив в Нью-Йорке на Бродвее самое высокое на тот момент здание в мире; 58-этажное здание имело размеры  $19 \times 19$  м, высоту 195 м, одну лестницу, 16 лифтов и ресторан в застекленном куполе (рис. 5).

При строительстве офисного здания в Санкт-Петербурге основная задача архитектора состояла в том, чтобы вписать представительское здание ограниченной вы-

соты в участок застройки малых размеров. Для выполнения этой цели было запроектировано семь этажей, включая полноценный мансардный этаж с возвышающимся над ним куполом с шаром, и под всем зданием – просторный подвал. Для улучшения освещенности помещений предусматривались два световых двора, первые этажи которых перекрывались остекленными фонарями. По проекту первый и часть второго этажа были предназначены для размещения банка, магазина компании «Зингер» и склада северного торгового Общества. На 3–6-м этажах размещались конторы англо-американского типа: с общим коридором, туалетом, столовой и прислугой [5].

Впервые в России для увеличения размеров окон и уменьшения простенков несущая конструкция была выполнена по типу американских высотных зданий. Основная часть здания вдоль канала Грибоедова и Невского проспекта имеет металлический остов, заключенный внутри кирпичной кладки стен.

Строительству здания предшествовало появление двух монографий [1, 3], в которых приведены схемы несущих конструкций американских зданий, подобные конструкциям Дома книги. Для примера на рис. 6 нами приведен фрагмент конструкции здания World building в Нью-Йорке со схемой опирания купола, аналогичной схеме, примененной в Доме книги. На рисунке видно, что пилоны купола, проходя через помещение верхнего этажа, опираются непосредственно на балки междуэтажного перекрытия.

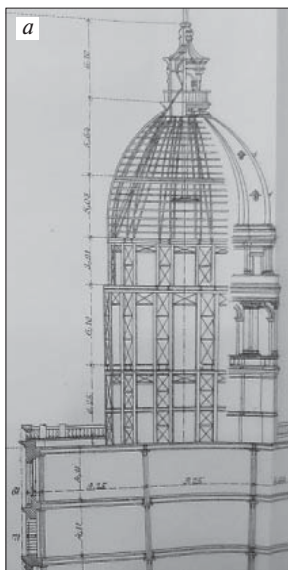
В 1999 г. для разработки проекта реставрации дома Зингера институт «Геореконструкция» было поручено проведение обследования [6, 10]. Проведены необходимые вскрытия конструкций и поверочные расчеты несущей спо-



Рис. 5. Зингер-билдинг (Singer Building) — небоскреб в Нью-Йорке на пересечении Либерти-стрит и Бродвея (построен в 1908 г., снесен в 1968 г.): а — вид в процессе строительства; б — вид построенного здания

Fig. 5. Singer Building — a skyscraper in New York at the intersection of Liberty Street and Broadway (built in 1908, demolished in 1968): a — view of the constructed building

собности основных конструктивных элементов. Анализ конструктивной схемы здания показал, что это действительно железно-каменный каркас с металлическими колоннами, перемычками, ригелями и балками. Кирпичные простенки оказались самонесущими, как и кирпичные стены дворовых



**Рис. 6.** Здание World building в Нью-Йорке (построено в 1890 г., снесено в 1955 г.): а – фрагмент конструкции; б – общий вид

**Fig. 6.** The World Building in New York (built in 1890, demolished in 1955): а – fragment of the structure; б – general view

флигелей и лестничных клеток. Стойки каркаса обложены кирпичом на цементном растворе. Характерный вскрытый узел сопряжения стоек в уровне пола 5-го этажа приведен на рис. 7. Ветви стойки каркаса выполнены из двутавра № 30, база стойки чугунная. Стойка выполнена цельной на два этажа. Стык стоек на уровне плинтуса пола. Все соединения на заклепках и болтах. При вскрытии отмечено высокое качество кирпича и раствора.

Перекрытия здания – металлические балки из двутавров № 24–26 русского сортамента, опи-

рающиеся на ригели каркаса, главные балки и кирпичные стены. Заполнение между балками – бетон на кирпичном бое. По результатам проведенных расчетов установлено, что допустимая полезная нагрузка на перекрытия 3–7-го этажей не превышает 200 кг/м<sup>2</sup>.

Покрытие мансарды выполнено по различным схемам. На участке вдоль канала Грибоедова – покрытие, совмещенное по бетонным сводам, опирающимся на нижние пояса арочных ферм. Роль затяжек арочных ферм выполняют балки перекрытия. На участке вдоль Невского проспек-

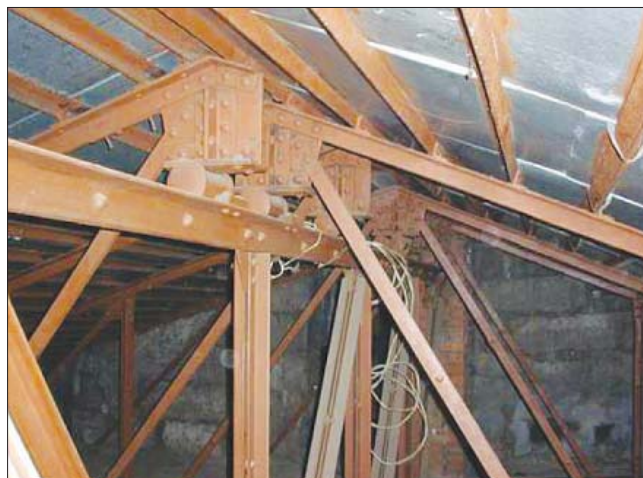
та основной несущий элемент покрытия – неразрезная коньковая трехпролетная ферма высотой 1,95 м с параллельными поясами. Ферма опирается на стены и арку мансарды. На ферму опирается комбинированная арочно-ферменная конструкция: нижние пояса ферм, несущих кровлю, переходят в арки, опирающиеся на балки перекрытия. Нижние пояса ферм и арки вбетонированы в своды и в чердачное перекрытие. Особенностью конструкции являются катковые опоры ферм покрытия, компенсирующие неравномерные деформации каркаса здания и температурные деформации покрытия (рис. 8).

Все своды являются либо несущими элементами, либо элементами, обеспечивающими пространственную жесткость покрытия. Покрытие отличается продуманностью конструктивной схемы и тщательностью исполнения.

Металлический купол здания имеет наружный диаметр 6,7 м. Высота вместе с опорными частями – 13 м. Металлический каркас купола состоит из пяти пилонов составного решетчатого сечения, соединенных между собой кольцами жесткости и фермами, несущими бетонный свод углового



**Рис. 7.** Узел сопряжения стоек в уровне пола 5-го этажа  
**Fig. 7.** Rack coupling unit at the floor level of the 5th floor



**Рис. 8.** Конструкция ферм покрытия с подвижными опорами, предназначенными для компенсации неравномерных деформаций каркаса и стен

**Fig. 8.** Design of coating trusses with movable supports designed to compensate uneven deformations of the frame and walls

помещения мансарды. На купол опирается металлическая труба диаметром 0,72 м и высотой 2,9 м, несущая остекленный шар диаметром 2,8 м. Металлические конструкции купола показаны на рис. 9.

Основной дефект конструкции купола, выявленный при обследовании, – это коррозия уголков пилон и поясного листа толщиной изначально 7 мм, прикрепленного к наружной ветви пилонов. На рис. 9, *b* виден пилон купола; поясной лист полностью корродирован и удален при ремонте. Накладки, фасонки и элементы крепления горизонтального кольца жесткости корродированы до 50% площади поперечного сечения. Площадь сечения уголка, изначально имевшего размеры 100×100×10 мм, уменьшена в результате коррозии на 30–50%.

Это обстоятельство, отмеченное рядом специалистов, послужило поводом для заключений о необходимости усиления или даже воссоздания купола. Однако для последнего весьма радикального вывода не приводилось каких-либо расчетных оснований.

Для оценки влияния коррозионных повреждений на несущую способность купола авторами этой статьи был проведен поверочный расчет всей конструкции с учетом податливости опорной конструкции купола – балок междуэтажного перекрытия.

Основные выводы по результатам расчетов и обследования свелись к следующим позициям.

Металлический каркас купола был запроектирован с многократным запасом прочности, с таким расчетом, словно при его проектировании учитывалась возможность коррозии элементов. Как показало обследование, такой подход вполне оправдал себя. После замены металлического листа наружной ветви пилонов уровень напряжений в сечениях



Рис. 9. Верхняя (а) и нижняя (б) части металлического каркаса купола

Fig. 9. Upper (a) and lower (b) parts of the metal frame of the dome



уголков, ослабленных коррозией, не превышает 600–700 кг/см<sup>2</sup>, что меньше величины расчетного сопротивления стали, условно принимаемой равной 1700 кг/см<sup>2</sup>. Таким образом, замена металлического листа обеспечивает требуемую несущую способность каркаса. Проводить усиление самих корродированных уголков пилонов не требуется.

Основным параметром, влияющим на характер работы купола, является гибкость балок перекрытия, на которые опираются пилоны купола. Из-за различной податливости балок в точках опирания пилонов происходит перераспределение усилий во всем каркасе купола. Основную нагрузку воспринимают три пилон, установленные ближе к опорам балок перекрытий. В результате уровень нагружения пилонов отличается в два и более раза.

Податливость балок перекрытия также является основным фактором, влияющим на перемещение купола. Расчеты показывают, что при действии ветра горизонтальное перемещение верхней точки шара составляет около 30 мм, а вертикальные перемещения балок перекрытия достигают 4 мм. При жестком опирании пилонов на неподвижные опоры горизонтальное перемещение верха шара составило бы всего 7 мм. Таким образом, перемещения купо-

ла в основном происходят за счет прогибов балок перекрытия.

При этом следует отметить, что фактические перемещения каркаса купола от действия ветровой нагрузки меньше расчетных значений. В первую очередь это объясняется включением в работу железобетонных сводов покрытий, примыкающих помещений. Вскрытие показало, что прогоны сводов, выполненные из металлического уголка, прикреплены к элементам каркаса купола, что существенно ограничивает возможность горизонтальных смещений купола. При ремонте купола следовало учесть, что соответствующие узлы креплений являются рабочими и увеличивают жесткость конструкции купола.

Таким образом, по результатам обследования и детальных расчетов оказалось возможным опровергнуть многочисленные заключения о необходимости демонтажа и воссоздания купола и ограничиться наиболее консервативным подходом – инженерной реставрацией исторической конструкции. Прошедшие два десятилетия безаварийной эксплуатации купола демонстрируют справедливость предложенного решения.

В заключение рассказа о несостоявшемся дореволюционном небоскребе следует признать, что ограничение высоты петербургских строений имело под со-



Рис. 10. Здание рядовой застройки, которое располагалось на углу Мойки и Гороховой улицы (фото рубежа XIX–XX вв.)

Fig. 10. The building of ordinary development, which was located on the corner of Moika and Gorkhovaya St. (photo of the turn of the XIX–XX centuries)



Рис. 11. Дом Зингера в 1913 г. (а)

Fig. 11. Singer House in 1913 (a)



б

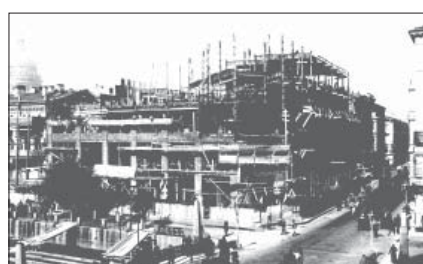


Рис. 12. Строительство здания (фото 1906 г.)

Fig. 12. Construction of the building (photo 1906)

бой и другое основание (в буквальном смысле этого слова). Строительство небоскреба на «мшистых, топких берегах» потребовало бы устройства глубоких свайных фундаментов, опирающихся на надежные грунты, что в сложных инженерно-геоло-

гических условиях островной части Санкт-Петербурга было в то время практически неосуществимо (заметим, что фундаменты небоскребов представляли собой большую проблему даже в сравнительно более благоприятных условиях Нью-Йорка).

#### Конструкции железно-каменного здания у Красного моста

Вслед за домом Зингера в 1905–1907 гг. в Санкт-Петербурге было возведено еще одно здание в железно-каменном каркасе – на углу Мойки и Гороховой улицы. Ранее на этом месте стояло трехэтажное кирпичное здание, построенное в начале 1840-х гг. по проекту архитектора Ф.И. Габер-

цетеля (рис. 10). Начало XX в. с бурным экономическим развитием России привнесло в сдержанную петербургскую архитектуру дух нового времени – появление ярких зданий, не желающих быть рядовой, фоновой застройкой. Это бельгийско-голландский торговый дом «Эсдерс и Схейфальс» на углу Мойки и Гороховой улицы [7], возведенный по проекту К.Н. Рошефора – гражданского инженера (1875–1961), сына известного гражданского инженера Н.И. Рошефора, автора знаменитого «Иллюстрированного урочного положения» – предтечи современных норм В.А. Липского – русского архитектора (1869–1911), автора проектов 50 петербургских зданий в стиле модерн (рис. 11, 12).

Новое здание было построено пятиэтажным, с мансардным этажом и подвалом, со световым фонарем и угловым остекленным куполом, с применением металлического каркаса на сплошной железобетонной плите. Стены уличных фасадов были выполнены каркасными, дворовые стены – кирпичными.

Металлические конструкции общим весом 1147 т были изготовлены и установлены в трехмесячный срок предприятием Э. Тильманса (после 1917 г. – Северный механический и котельный завод, в настоящее время – завод «Армолит»).

В центральной части здания размещался атриум с размерами в плане 10×15 м, на всю высоту здания, обеспечивающий естественное освещение этажей и открытой лестничной клетки.

В 1919 г., после национализации, в здании размещалось швейное производство. В 1927 г. в атриуме было встроено перекрытие между 1-м и 2-м этажами, на 2-м этаже был организован пошив пиджаков. Позже в пределах атриума встроены перекрытия над 2–5-м этажами. Перекрытие в атриуме над 6-м этажом было встроено по

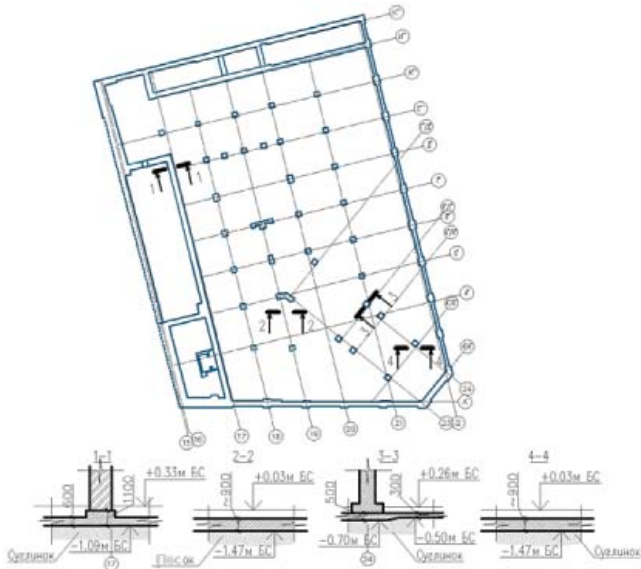


Рис. 13. Конструкция фундаментной плиты в различных частях здания

Fig. 13. Foundation plate structure in various parts of the building

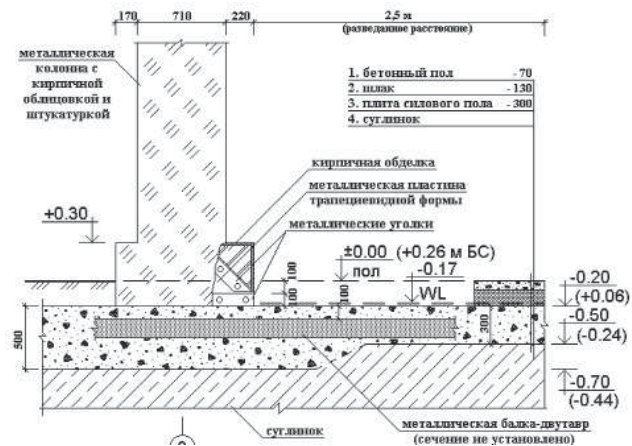


Рис. 14. Конструкция фундамента (сечение 3–3 на рис. 13)

Fig. 14. Foundation structure (section 3–3 in Fig. 13)

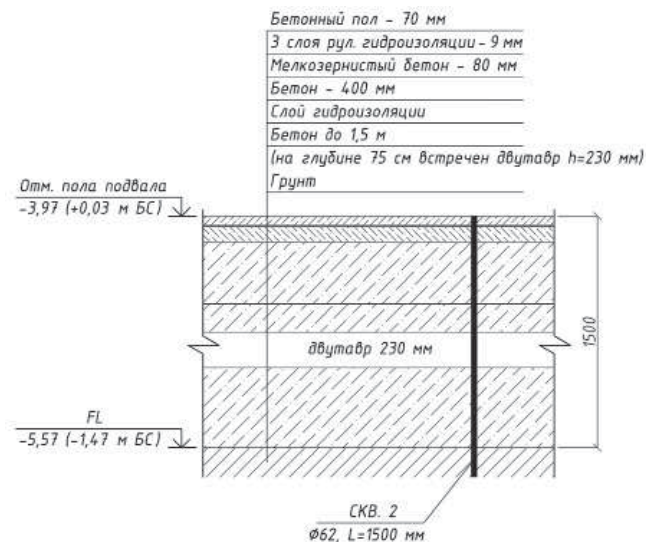


Рис. 15. Конструкция фундамента (сечение 2–2 на рис. 13)

Fig. 15. Foundation structure (section 2–2 in Fig. 13)



Рис. 16. Схема перекрытия над 1, 2, 3-м этажами

Fig. 16. The scheme of overlapping over 1, 2, 3 floors

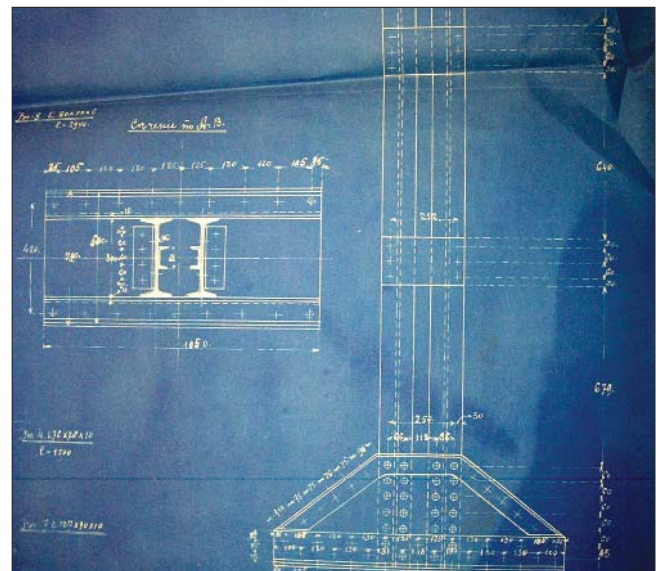


Рис. 17. Конструкция исторической колонны в подвале

Fig. 17. The historic column structure in the basement

проекту ГПИ-3 в 1959 г. Остекленный купол был демонтирован в конце 1930-х гг.

В 2006 г. была начата разработка проекта реконструкции здания для использования в качестве торгово-офисно-гостиничного комплекса.

В 2007–2015 гг. проведена реконструкция здания, в ходе которой воссоздали остекленный купол со шпилем, а также атриум (для чего демонтировали перекрытия советского времени), встроили современные эскалаторы, чердачное пространство превратили во второй мансардный этаж, световой карман закрыли междуэтажными перекрытиями, заменили деревянные полы на бетонные, усилили колонны.

По результатам предпроектных обследований, выполненных институтом «Геореконструкция» в 2007 г.,

установлено, что конструкции торгового дома «Эсдерс и Схейфальс» на Мойке вполне соответствуют конструкциям североамериканских небоскребов конца XIX – начала XX в.

При обследовании выяснилось, что здание возведено на едином плитном монолитном железобетонном фундаменте, на естественном основании. Под фундаментом залегают пески пылеватые, мелкие, также встречаются прослойки и линзы глинистых грунтов. Подошва фундамента расположена на глубине 1,5 м от уровня пола подвала. Плита армирована металлическими балками – двутаврами. Толщина железобетонной плиты 300–900 мм (рис. 13–15). Испытания кернов, выбуренных из плиты, продемонстрировали весьма высокую прочность бетона, соответствующую современному классу В25. Отметим, что это один из первых случаев применения железобетона в Петербурге.

Основные несущие конструкции здания показаны на подлинном историческом чертеже (рис. 16), где представлена синька – копия оригинального чертежа. (Синька – понятие, которое

было распространено почти до конца XX в. Сначала чертеж перерисовывали тушью на прозрачную кальку, а потом получали копию на светочувствительной бумаге. С середины XIX в. применялся метод цианотипии, дающий негатив на синем фоне, а в 1920-х гг. его вытеснил метод диазотипии, позволяющий создавать позитив изображения в розовых и лиловых тонах, который по традиции продолжали называть синькой.)

Колонны каркаса металлические составные из двух двутавров, соединенных планками (рис. 17). Колонны подвала и 1-го этажа цельные, длиной 9 м. Сечения двутавров в подвале и на 1-м этаже: № 30, 36, 38. Стыки колонн – на пластинах и боковых накладках, расположены в уровне перекрытий над 1, 3 и 5-м этажами.

Колонны, обозначенные арабскими цифрами, – это колонны основного каркаса. Колонны, обозначенные римскими цифрами, – это промежуточные колонны, несущие перекрытие над подвалом, и колонны, несущие центральную лестничную клетку. Сечения колонн уменьшаются с высотой. Так, на 5-м этаже сечения колонн: спа-

ренные двутавры № 23, 18, швеллеры № 22.

Перекрытия выполнены по системе главных и второстепенных балок. Главные балки – клепаные из полос и уголков, высота сечения до 800 мм, пролеты – до 10 м. Второстепенные балки – из прокатного двутавра № 18–26, пролеты – до 6 м. Заполнения между балками из бетона на кирпичном бое. Сопряжения балок с колоннами шарнирные. Фасадные стены с витринными проемами кирпичные, опираются на стальные балки каркаса. Пространственная жесткость каркаса обеспечена несущими стенами кирпичных частей здания толщиной 70 см и жесткими дисками перекрытий. Первоначально все колонны были обложены кирпичом, толщина обкладки составляла от 12 до 25 см.

В ходе обследования конструкции подвального перекрытия была выявлена высокая степень коррозии стальных конструкций, как главных балок, так и прогонов. Коррозионные поражения были классифицированы как поверхностные с местными глубокими язвами. В среднем потеря сечения в результате коррозии составила около 10% сечения.



**Рис. 18.** Характерные вертикальные трещины в кирпичной облицовке колонн в подвале (по результатам обследования института «Геореконструкция», 2007)

**Fig. 18.** Characteristic vertical cracks in the brick lining of columns in the basement (according to the results of the survey of the Institute "Georeconstruction", 2007)

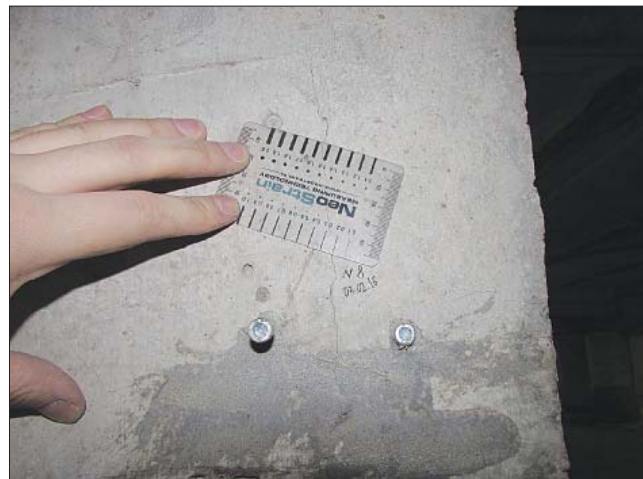


Рис. 19. Характерные вертикальные трещины раскрытием 0,3–0,4 мм по бетонной обойме колонн, выполненной по проекту усиления 2007 г. (фото 2014 г.)

Fig. 19. Characteristic vertical cracks with an opening of 0.3–0.4 mm on the concrete cage of the columns, made according to the reinforcement project of 2007 (photo 2014)

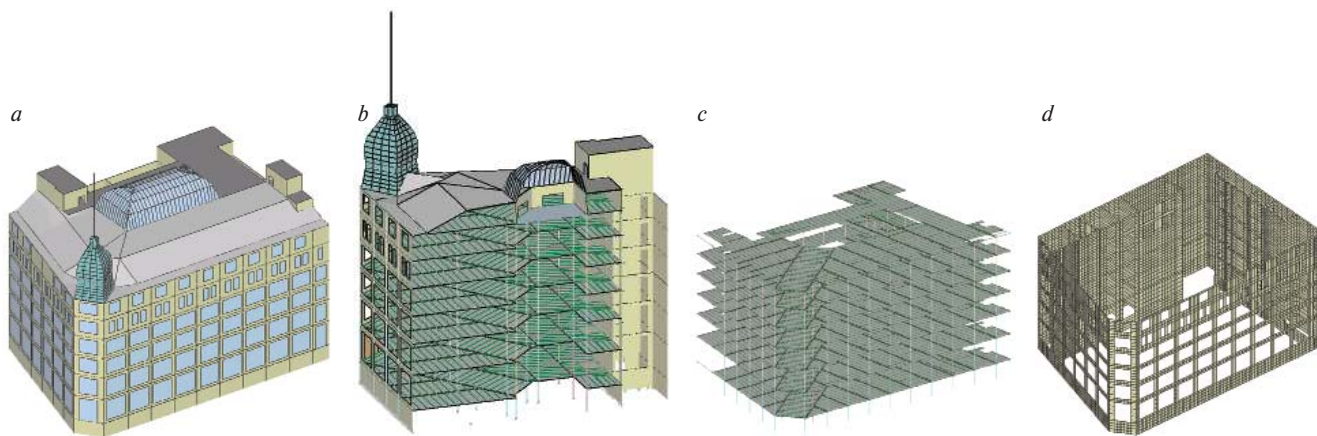


Рис. 20. Расчетная схема здания: а – общий вид; б – разрез; с – внутренний каркас; д – наружные кирпичные стены  
Fig. 20. Design scheme of the building: a-general view; b-section; c-internal frame; d-external brick walls

По кирпичной кладке большинства колонн подвала проходили вертикальные трещины раскрытием до 3 мм (рис. 18), отмечалась коррозия металлических элементов. Трещины проходили вертикально и были расположены по граням полков металлических колонн. При обследовании выявлено, что трещины образовались в результате передачи на кирпичную облицовку нагрузки от вышерасположенных конструкций, на что кирпичный «корсет» явно не был рассчитан.

Поэтому было рекомендовано усилить кирпичную облицовку колонн подвала обоями из металлических уголков либо заменить бетонной обоймой.

#### Анализ причины развития трещин в облицовке колонн здания у Красного моста в 2007 г.

После завершения работ по усилению колонн и устройству бетонных полов на поверхности внутренних колонн подвала были обнаружены трещины шириной раскрытия до 0,3–0,4 мм. Характерные продольные трещины расходились от верхней грани колонны и распространялись по всей ее длине (рис. 19). В связи с этим специалисты института «Геореконструкция» в 2014 г. были снова приглашены для диагностики состояния памятника.

Максимальная ширина раскрытия трещин наблюдалась в зоне передачи нагрузки на бетон

от стальной колонны (в зоне горизонтальной фасонки, приваренной к двутаврам). Характер расположения данных трещин явно указывал на причину их возникновения – воздействие нагрузки от вышележащих конструкций. Было отмечено, что трещины развиваются в тех же самых колоннах, в которых были зафиксированы ранее, при обследовании 2007 г., т. е. в зоне наибольших нагрузок. Это указывало на неэффективность проведенного усиления. Оценим справедливость данного утверждения.

Прежде всего определим продольные усилия в колоннах каркаса. Для этого выполним численный расчет здания на действие

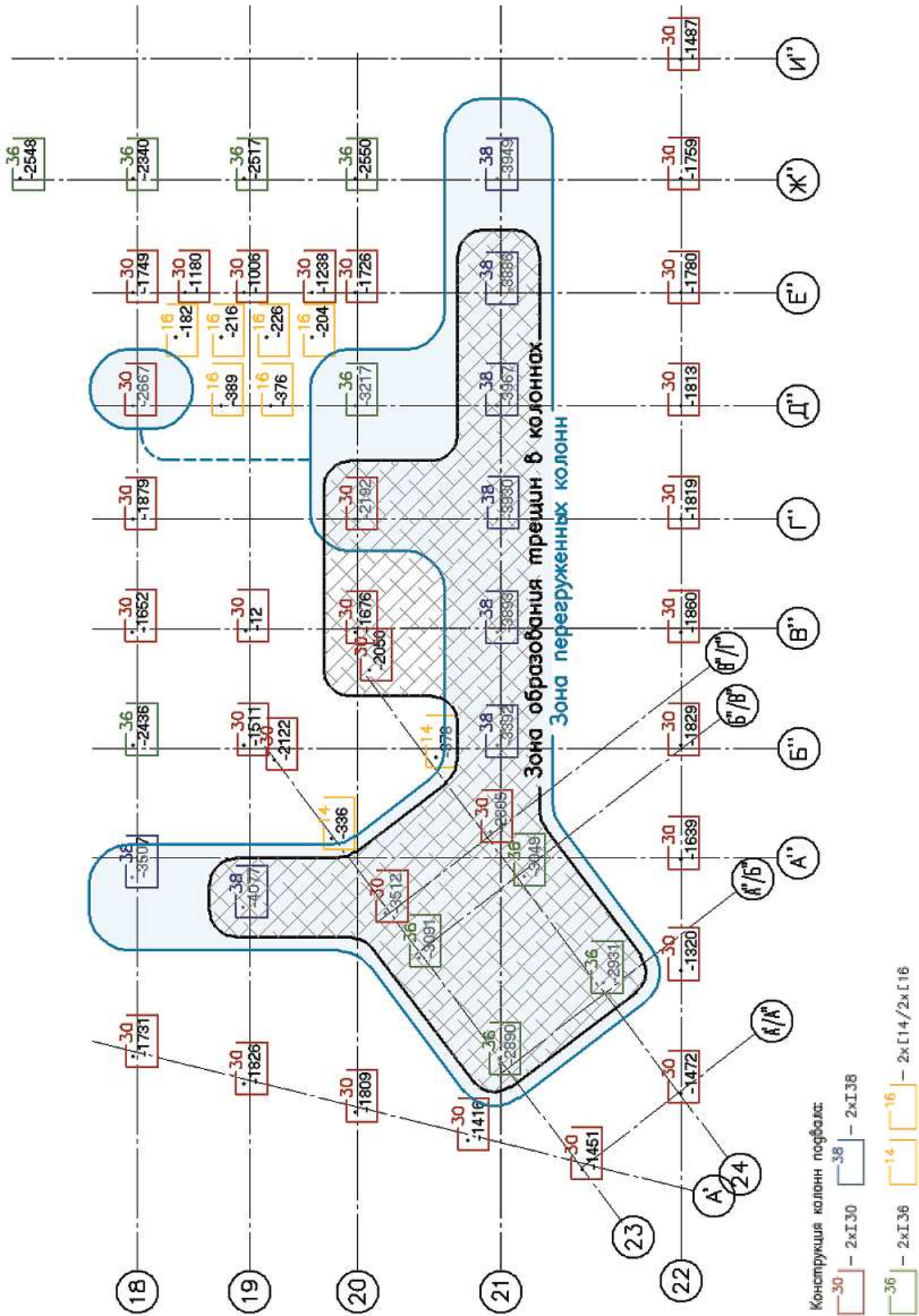


Рис. 21. Схема нагрузок на колонны подвалного этажа и участков здания, требующих усиления  
Fig. 21. Diagram of loads on the columns of the basement floor and sections of the building that require reinforcement



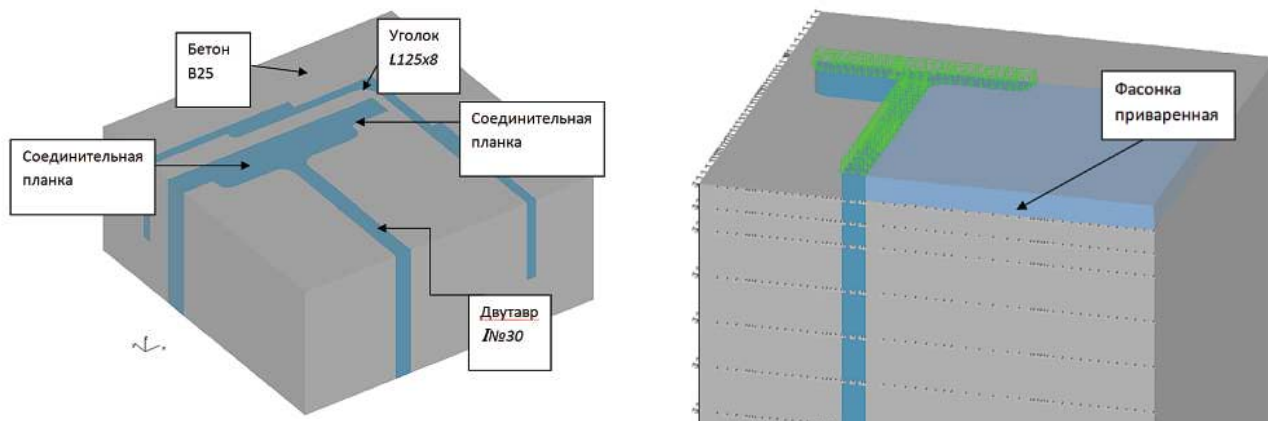


Рис. 22. Конечно-элементная модель колонны. Четверть сечения  
Fig. 22. The finite element model of the column. Quarter section

проектных нагрузок в программном комплексе FEM models [8].

Общий вид расчетной схемы реконструируемого здания представлен на рис. 20. Расчеты выполнялись в квазиупругой постановке с учетом нелинейной работы железобетонных элементов (путем применения понижающих коэффициентов относительно начального модуля упругости бетона с учетом длительности действия нагрузки) [9].

Результаты расчета приведены на схеме распределения нормативных продольных усилий в нижнем сечении колонн подвального этажа (рис. 21). Для максимально нагруженных колонн величина нормативных продольных усилий достигает ~3,5 МПа, а продольная сила – 3,6 МПа.

При реконструкции здания в 2007 г. все колонны подвала были усилены металлическими обоймами из уголков 125×125×8, соединенных планками, и обетонированы (бетон В25).

Механизм образования вертикальных трещин в верхней части колонн вследствие силового нагружения проиллюстрируем с помощью пространственной конечно-элементной модели колонны, построенной в программе FEM models. При численном моделировании были использованы объемные конечные элементы. Сечение

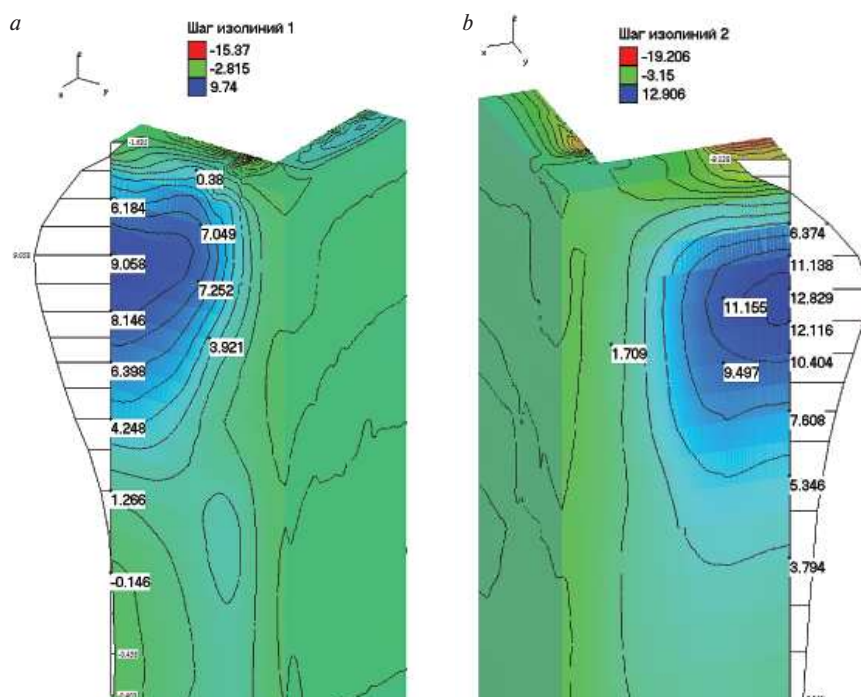


Рис. 23. Колонна в осях 23/В"/Г": а – изополя нормального напряжения по оси  $Y \sigma_y$  от приращения нагрузки при реконструкции,  $кг/см^2$ ; б – изополя нормального напряжения по оси  $X \sigma_x$  от приращения нагрузки при реконструкции,  $кг/см^2$

Fig. 23. Column axles 23/V"/G": a – isofields of the normal stress along the Y-axis  $\sigma_y$  from the load increment during reconstruction,  $kg/cm^2$ ; b – isofields of the normal stress along the X-axis  $\sigma_x$  from the load increment during reconstruction,  $kg/cm^2$

колонны – 2I№30 + 4L125x8. Однолинейная колонна имеет линейные размеры 0,5×0,5 м. Модель также включает фасонку, приваренную к двутаврам (рис. 22).

Результаты расчетов приведены на рис. 23. Нормальные напряжения достигают 12,9  $кг/см^2$ , т. е. превосходят расчетное сопротивление бетона В25 растяжению (10,5  $кг/см^2$ ). Таким образом,

конструктивное решение по усилению колонн привело к передаче нагрузки на слабоармированный бетон-заполнитель, играющий роль огнезащиты и защиты от коррозии, и к раскрытию трещин в месте контакта бетона и фасонки, приваренной к двутавру.

Итак, выполненное в 2007 г. усиление колонн имело ряд принципиальных недостатков. Прежде

всего, проектом не было предусмотрено соединение углов усиления с историческими двутаврами. Их связь осуществлялась только через бетон-заполнитель. При этом уголки усиления не были оперты на фундаментную плиту. Кроме того, при реализации проекта было допущено существенное отступление: уголки усиления не были связаны с главными балками. В итоге вся нагрузка от вышележащих конструкций передавалась на фундамент через сечения исторических двутавров. Усиление помогало только уменьшить гибкость двутавров.

Как можно убедиться на этом примере, исследование исторической конструкции железно-каменного здания оказывается совершенно излишним для решения вопроса о корректном усилении его наиболее нагруженных элементов. Заметим, что истори-

ческая конструкция оказалась вполне ремонтпригодной и после корректного усиления наиболее нагруженных элементов (колонн) может успешно эксплуатироваться еще долгое время.

### Заключение

На примере двух петербургских зданий представлены образцы американских железно-кирпичных строений, надежная каркасная огнебезопасная конструкция которых дала мощный импульс к появлению знаменитых заокеанских небоскребов. Сложные инженерно-геологические условия Санкт-Петербурга не располагали к строительству высотных зданий, а высотный регламент и вовсе препятствовал этому. Благодаря этим ограничениям в центре города появились два прекрасных здания в стиле модерн с необычно широкими окнами-

витринами. Спустя более ста лет после их возведения нельзя не признать, что они вполне гармонично вписались в ткань великого города, несмотря на возмущение градозащитной общественности того времени. Перенесенная через океан новация в строительном деле воплощалась в зданиях, которые ныне обрели статус памятников, и, следовательно, уже не повторят печальную судьбу большинства американских предшественников, ныне утраченных и замененных безыскусными, лаконичными, но более высокими строениями.

Идея «металлокирпичных» небоскребов быстро исчерпала себя за океаном: слишком велик был вес конструкций таких зданий. Высотное строительство в Северной Америке пошло по пути применения металлического каркаса и железобетонных конструкций.

### Список литературы

1. Лихачев П. Железно-каменная конструкция сооружений // *Инженерный журнал*. 1896. № 10. С. 1087 – 1112.
2. Baumgarten V. Железо-каменные постройки. Их огнестойкость и сопротивление действию землетрясения (на основании данных разрушения г. Сан-Франциско) с 100 рисунками. СПб.: Типография Усманова, 1908. 146 с.
3. Эвальд В.В. Конструктивные особенности американских зданий и естественные камни в сооружениях в Соединенных Штатах. СПб.: Тип. А.С. Хомского и К°, 1895. 96 с.
4. О ограничении постройки в С. Петербурге высоких зданий и надстроек этажей на существующих зданиях. В кн.: Полное собрание законов Российской империи, собрание второе. СПб.: Типография II отделения Собственной Его Императорского Величества канцелярии, 1845. Т. XIX, отделение первое, 1844, № 18398. С. 752—753.
5. Лавров Л.П., Лихачева Л.Н. Санкт-Петербург. Архитектурный путеводитель 1703–2003. СПб.: Эклектика, 2002. 207 с.
6. Лобовиков Д.А. Конструкция здания Дома Книги на Невском проспекте – пример заимствования американского опыта строительства // *Реконструкция городов и геотехническое строитель-*
7. Яковченко Р.Н. Улица Дзержинского. Л.: Лениздат, 1974. 136 с.
8. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г., Шашкин В.А. Основы совместных расчетов зданий и оснований. СПб.: Геореконструкция, 2014. 328 с.
9. Евсеев Н.А. Анализ результатов численного расчета сложной конструктивной схемы с учетом физической нелинейности железобетона // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 12. С. 44–52.
10. Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Основные закономерности взаимодействия основания и надземных конструкций здания // *Развитие городов и геотехническое строительство*. 2006. № 10. С. 63–92.

### References

1. Likhachev P. Iron-stone construction of structures. *Inzhenemyi zhurnal*. 1896. No. 10, pp. 1087–1112. (In Russian).
2. Baumgarten V. Zhelezo-kamennye postroiiki. Ikh ognestoikost' i soprotivlenie deistviyu zemletryaseniya (na osnovanii dannykh razrusheniya g. San-Frantsisko) s 100 risunkami [Iron-stone buildings. Their fire resistance and earthquake resistance (based on data from the destruction of the city of San Francisco) with

- 100 figures]. Saint Petersburg: Tipografiya Usmanova. 1908. 146 p.
3. Evald V.V. Konstruktivnye osobennosti amerikanskikh zdaniy i estestvennye kamni v sooruzheniyakh v Soedinennykh Shtatakh [Design features of American buildings and natural stones in structures in the United States]. Saint Petersburg: Tip. A.S. Khomskogo i K°. 1895. 96 p.
  4. O ogranichenii postroiki v S. Peterburge vysokikh zdaniy i nadstroek etazhei na sushchestvuyushchikh zdaniyakh. V kn. Polnoe sobranie zakonov Rossiiskoi imperii, sobranie vtoroe [On the restriction of the construction of tall buildings and superstructures of floors on existing buildings in St. Petersburg. In the book. The complete Collection of laws of the Russian Empire, the second collection]. Saint Petersburg: Printing house of the II department of His Imperial Majesty's Own Chancellery, 1845. Vol. XIX. Department one, 1844, No. 18398, pp. 752–753. (In Russian).
  5. Lavrov L.P., Likhacheva L.N. Sankt-Peterburg. Arkhitekturnyi putevoditel' 1703–2003 [Saint Petersburg. Architectural guide 1703–2003]. Saint Petersburg: Eklectika. 2002. 207 p.
  6. Lobovikov D.A. The construction of the building of the House of Books on Nevsky Prospekt – an example of borrowing the American experience of construction. *Rekonstruktsiya gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo: internet-zhurnal*. 2000. № 3. <http://georec.narod.ru/mag/2000n3/index.htm>
  7. Yakovchenko R.N. Ulitsa Dzerzhinskogo [Dzerzhinskiy Street]. Leningrad: Lenizdat. 1974. 136 p.
  8. Ulitsky V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G., Shashkin V.A. Osnovy sovместnykh raschetov zdaniy i osnovanii [Fundamentals of joint calculations of buildings and foundations]. Saint Petersburg: Georekonstruktsiya. 2014. 328 p.
  9. Evseev N.A. Analysis of the results of numerical calculation of a complex structural scheme taking into account the physical nonlinearity of reinforced concrete. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017. No. 12, pp. 44–52. (In Russian).
  10. Shashkin A.G., Shashkin K.G. Basic laws of interaction of the foundation and aboveground structures of the building. *Razvitie gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo*. 2006. No. 10, pp. 63–92. (In Russian).

Министерство строительства РС (Я)  
Якутский государственный проектный, научно-исследовательский  
институт строительства  
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки  
соответствия в строительстве  
Научно-исследовательский центр «Строительство»  
Научно-исследовательский институт строительной физики РАН

**VI Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 85-летию создания строительного комплекса Якутии  
«Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения:  
безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение»**

5–6 октября 2021 г.

г. Якутск, Россия

**Организатор:** Инженерно-технический институт СВФУ им. М.К. Аммосова

**НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ:**

- Проектирование, строительство и эксплуатация зданий и сооружений
- Энергоэффективное строительство
- Эффективные строительные материалы и технологии
- Архитектура и градостроительство
- Совершенствование систем инженерного обеспечения зданий и сооружений
- Экспертиза и управление недвижимостью
- Подготовка кадров для строительной отрасли
- Актуальные вопросы строительной отрасли в экстремальных условиях Арктики и Субарктики

Языки конференции: русский. Форма конференции: заочная. По итогам конференции будет опубликован электронный сборник научных трудов с присвоением ему ISBN, УДК, ББК и размещением в базе данных РИНЦ

**Оргкомитет:**

*Корнилов Т.А.* – директор Инженерно-технического института Северо-Восточного федерального университета, д-р техн. наук, доцент (председатель)  
*Матвеева О.И.* – генеральный директор ОАО «Якутский проектный научно-исследовательский институт строительства», канд. техн. наук, доцент  
*Местников А.Е.* – зав. кафедрой производства строительных материалов, изделий и конструкций СВФУ, д-р техн. наук, профессор  
*Посельский Ф.Ф.* – зав. кафедрой промышленного и гражданского строительства СВФУ, канд. техн. наук, доцент  
*Иванов В.Н.* – зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции СВФУ, канд. техн. наук, доцент  
*Федорова Г.Д.* – доцент кафедры промышленного и гражданского строительства СВФУ, канд. техн. наук, доцент  
*Архангельская Е.А.* – зав. кафедрой экспертизы и кадастра недвижимости СВФУ, канд. техн. наук, доцент  
*Юмашева Е.И.* – главный редактор издательства «Стройматериалы» (научно-технические журналы «Строительные материалы», «Жилищное строительство», «Бетон и железобетон»)

**Почтовый адрес:** 677000, г. Якутск, ул. Белинского, 58, СВФУ, Инженерно-технический институт

**Телефон:** 8-984-114-88-30

**E-mail:** orgkomitet-iti@ya.ru

Ответственный секретарь: **Попов Александр Леонидович**

УДК 624

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-18-22>

Н.С. СОКОЛОВ<sup>1,2</sup>, канд. техн. наук, директор (forstnpf@mail.ru, ns\_sokolov@mail.ru)

<sup>1</sup> ООО НПФ «ФОРСТ» (428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Калинина, 109 а)

<sup>2</sup> Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова (428015, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский пр., 15)

## Особенности геотехнической практики возведения четырехэтажного кирпичного здания вблизи объекта культурного наследия

*Строительство объектов в стесненных условиях является сложной геотехнической задачей, требующей специального подхода, связанного с обеспечением безаварийной эксплуатации зданий окружающей застройки. При этом должны быть разработаны такие мероприятия, как технологические карты или специальные схемы возведения заглубленных конструкций, которые исключили бы повреждение существующих зданий и сооружений в зоне геотехнического влияния. Такой подход особенно актуален для объектов культурного наследия, когда противопоказаны возможные деформации от влияния нового строительства. Следует отметить, что величина зоны геотехнического влияния при динамических нагрузках от забивки призматических свай требует уточнения. Приведен пример строительства четырехэтажного общественного кирпичного здания рядом с объектом культурного наследия регионального значения.*

**Ключевые слова:** буроинъекционные сваи ЭРТ, электроразрядная технология, инженерно-геологические элементы, забивные сваи, объект культурного наследия.

**Для цитирования:** Соколов Н.С. Особенности геотехнической практики возведения четырехэтажного кирпичного здания вблизи объекта культурного наследия // *Жилищное строительство*. 2021. № 4. С. 18–22. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-18-22>

N.S. SOKOLOV<sup>1,2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), Director (forstnpf@mail.ru, ns\_sokolov@mail.ru)

<sup>1</sup> ООО NPF "FORST" (109a, Kalinina Street, Cheboksary, Chuvash Republic, 428000, Russian Federation)

<sup>2</sup> I.N. Ulianov Chuvash State University (15, Moskovsky Prospect, Cheboksary, Chuvash Republic, 428015, Russian Federation)

### Features of the Geotechnical Practice of Constructing a Four-Story Brick Building Near a Cultural Heritage Object

The construction of facilities in tight space conditions is a complex geotechnical task that requires a special approach related to ensuring trouble-free operation of buildings of the surrounding development. At the same time, measures such as technological maps or special schemes for the construction of buried structures, which would exclude damage to existing buildings and structures in the zone of geotechnical influence, should be developed. This approach is especially relevant for cultural heritage objects, for which possible deformations from the influence of new construction are contraindicated. It should be noted that the size of the geotechnical influence zone under dynamic loads from driving prismatic piles requires clarification. This article uses the example of the construction of a four-story public brick building next to a cultural heritage object of regional significance to make such an attempt.

**Keywords:** ERT bored-injection piles, electric discharge technology, engineering and geological elements, driven piles, cultural heritage object.

**For citation:** Sokolov N.S. Features of the geotechnical practice of constructing a four-story brick building near a cultural heritage object. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2021. No. 4, pp. 18–22. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-18-22>

Возведение зданий и сооружений вблизи существующих объектов требует от строителей особого подхода [1–6]. Самое главное условие при строительстве в стесненных условиях – не навредить. Для объектов культурного наследия (ОКН), которые охраняются государством, ужесточены требования по их возможным деформациям вследствие влияния нового строительства [7–12]. В нормативных документах и научно-технических публикациях разработаны алгоритмы, уменьшающие отрицательные последствия таких процессов [13–22].

В статье рассматривается случай из геотехнической практики возведения четырехэтажного кирпичного общественного здания на расстоянии 40 м от двухэтажного промышленного здания – объекта культурного наследия регионального значения. В проекте предусмотрены задавливаемые сваи сечением 300×300 мм, длиной 10 м. Фактическое же погружение свай производилось методом забивки дизель-молотами с массой ударной части 2,5 т копровыми установками. С первых погружений на наружных поверхностях несущих стен ОКН появились

деформационные трещины, сопровождавшиеся отслоением штукатурки и выпадением облицовок из фаянсовых отделочных плиток. Усугубилось техническое состояние объекта еще тем, что он был перегружен, т. е. среднее давление  $P$  оказалось выше расчетного сопротивления основания  $R$ . Это обстоятельство было выяснено после проведения тщательного обследования технического состояния здания. Для выявления технического состояния фундаментов, глубины их заложения и геометрических размеров было разработано два шурфа в пересечениях осей. Выявлено два типа фундаментов мелкого заложения: ленточный, из блоков ФБС с бетонной подушкой (шурф 1); ленточный, из кирпичной кладки в верхней части и бутовый – в нижней (шурф 2).

Для представления динамики развития и инструментального контроля за развитием трещин в период с февраля по апрель (на стадии забивки свай) проводилось наблюдение за настенными гипсовыми маяками, установленными 21 января 2017 г. В ходе наблюдений зафиксировано образование новых трещин и увеличение ширины их раскрытия в установленных маяках в интервале 0,1 до 1,5 мм. При этом трещины продолжали динамично увеличиваться. В то же время срочно организованные высокоточные геодезические наблюдения за осадками установленных по периметру проблемного объекта марок подтвердили появление и развитие деформаций. Наибольшую деформацию получила близко расположенная к

возводимому зданию осадочная марка, она достигла величины  $S=1,1$  см, что превосходит предельно допустимое значение  $S_{\text{н}}=1$  см (см. поз. 5 табл. К.1 Приложения К СП 22.13330.2016 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.01–83\* «Основания зданий и сооружений»).

Для выявления реальных инженерно-геологических условий заказчиком организованы инженерно-геологические изыскания для целей разработки проекта усиления основания фундаментов. Согласно техническому отчету о результатах инженерно-геологических изысканий, выполненному ЗАО «Чувашгипрохоз» в 2017 г., инженерно-геологический разрез участка до исследованной глубины представлен верхнепермскими отложениями татарского яруса ( $P_3t$ ) под четвертичным покровом незначительной мощности. На приводораздельных площадях мощность покровных делювиальных и лессовидных (dIII-IV, prIII) суглинков не превышает 2–3 м.

В результате анализа пространственной изменчивости показателей свойств грунтов, определенных буровыми, опытными и лабораторными методами исследований, на земельном участке в соответствии с ГОСТ 25100–2011 выделяется четыре инженерно-геологических элемента (ИГЭ): **ИГЭ № 1** – техногенный грунт (tIV); **ИГЭ № 2** – покровный суглинок (dIII-IV) полутвердый, объединен с суглинком лессовидным (prIII) просадочным, полутвердой консистенции. Данные грунты частично сняты при планировочных работах; **ИГЭ № 3** – мергель выветрелый до суглинисто-

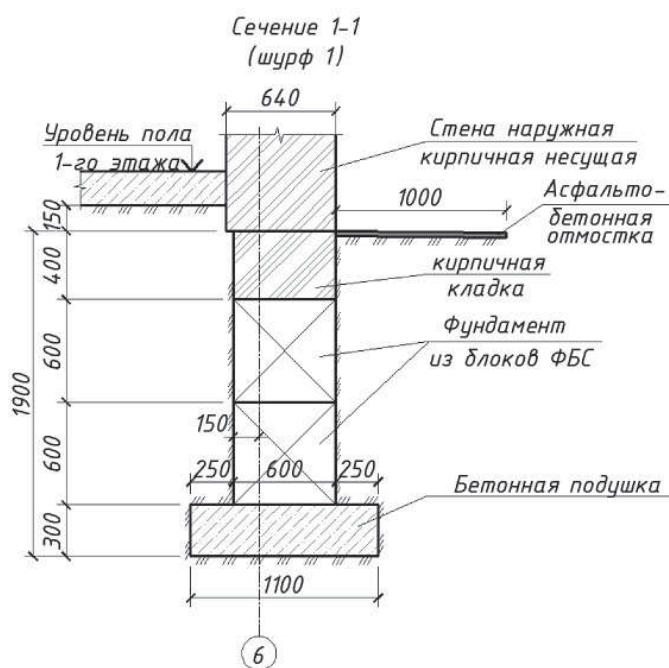


Рис. 1. Поперечное сечение фундамента в шурфе 1  
Fig. 1. Cross-section of the foundation in the pit 1

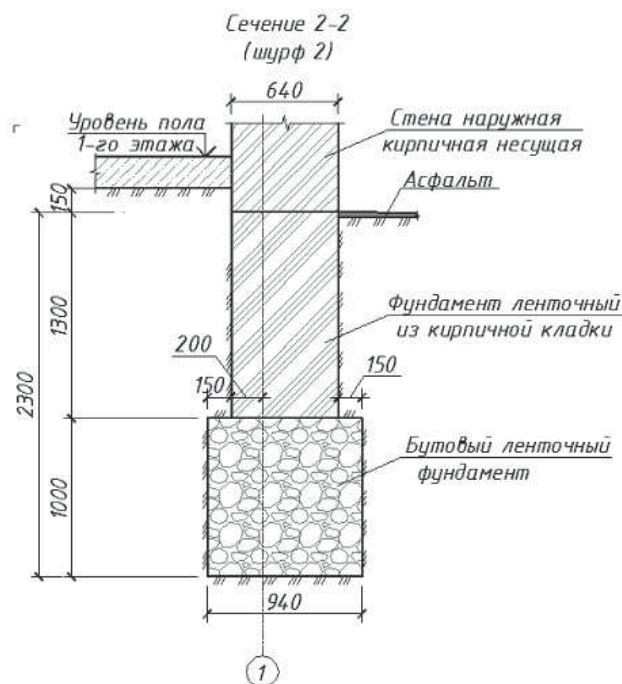


Рис. 2. Поперечное сечение фундамента в шурфе 2  
Fig. 2. Cross-section of the foundation in the pit 2

**Расчетные значения вертикальных виброскоростей на различных расстояниях от забиваемой сваи до объекта культурного наследия**  
**Calculated values of vertical vibration speeds at different distances from the pile being driven to the cultural heritage object**

Расчетный случай	Расчетная виброскорость на расстоянии (м) от погружаемой сваи, см/с			
	Расчетный случай № 1	44	46,5	49
	0,37	0,33	0,29	0,25

**Примечания:**  
1. Расчетный случай № 1: Критерий оценки допустимости колебаний по пиковым значениям виброскорости согласно ГОСТ Р 52892–2007 «Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию».  
2. Табл. 1 взята из табл. 5.2 «Заключения экспертов по арбитражному делу № А79-6425/2020», выполненного ННГАСУ.

го состояния («мука»), твердой консистенции (Р3т); ИГЭ № 4 – глина легкая, твердая (Р3т).

Гидрогеологические условия площадки характеризуются наличием одного безнапорного водоносного горизонта. На период зимней межени (середина марта 2017 г.) уровень подземных вод установлен на глубине 6–9 м (отм. 105.7–111.0 м), приурочен к трещиноватым алевритистым глинам. Питание подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и утечек из водонесущих коммуникаций. Общий уклон подземного потока наблюдается к северо-востоку, в сторону долины реки Чебоксарка, и к югу, в сторону засыпанного оврага. Разгрузка – в овражно-речной сети Чебоксарки и овражно-балочной системе оврага Трубный.

Анализируя результаты научно-технического отчета о состоянии здания, инженерно-геологических изысканий, заказчик принял решение усилить объект ОКН. Разработка проекта и подрядные работы по усилению оснований фундаментов была поручена ООО НПФ «ФОРСТ». В качестве заглубленных железобетонных конструкций усиления использованы буроналивные сваи ЭРТ [23–26], изготавливаемые по электроразрядной технологии (ЭРТ технология), длиной от 11 до 13 м в количестве 350 шт. Результаты геотехнического мониторинга после окончания геотехнических работ по усилению основания фундаментов подтвердили стабилизацию деформаций объекта.

Следует отметить, что строители объекта допустили грубейшую ошибку, приведшую к значительным материальным затратам организации, эксплуатирующей ОКН. Согласно п. 7.6.5 СП 243.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.03–85 «Свайные фундаменты», «*фундаменты из забивных свай, проектируемые в условиях существующей застройки, должны проверяться на безопасность по условиям динамических воздействий на конструкции близкорасположенных зданий и сооружений...*» Следовательно, строители должны были провести экспериментальные исследования влияния динамических воздействий на ОКН. Этого они не выполнили. За-

стройщики после отрывания котлована сразу же приступили к забивке свай, чем и усугубили техническое состояние существующего здания.

Владельцем ОКН организованы опытные погружения забивных свай на расстоянии 40 м с приглашением экспертной группы ФБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Результаты экспериментов приведены в таблице. Согласно приложению Б п. Б.1 ГОСТ Р 52892–2007 «Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию», при частоте колебаний не более 10 Гц для сооружений, имеющих высокую социальную важность, например ОКН, пиковое значение скорости не должно превышать 0,3 см/с.

Таким образом, анализируя результаты исследований, приведенных в таблице, можно сделать вывод о том, что зона геотехнического влияния от динамического воздействия забиваемых свай перекрывает расстояние от здания нового строительства до существующего объекта  $l = 40$  м и она ориентировочно равна  $l = 48$  м.

### Выводы

До начала строительства геотехнический прогноз, включающий в себя обследование близлежащих зданий и их мониторинг, не производился, что является нарушением главы 9 СП 22.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.01–83\* «Основания зданий и сооружений». В ходе обследования выявлены причины возникновения многочисленных трещин на стенах и деформаций оснований фундаментов, вызванных забивкой свай на строительной площадке объекта нового строительства.

В соответствии с п. 3 ст. 36 73-ФЗ при проведении строительных работ на земельном участке, непосредственно связанном с территорией объекта культурного наследия, следует разработать специальный раздел проектной документации, предусматривающий мероприятия по обеспечению сохранности ОКН, и согласовать его в установленном порядке. Отсутствие такого раздела является прямым нарушением федерального закона.

## Список литературы / References

1. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2012. № 2. С. 17–20.
1. Ilichev V.A., Mangushev R.A., Nikiforova N.S. Experience of development of russian megacities underground space. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*. 2012. No. 2, pp. 17–20. (In Russian).
2. Sokolov N.S. Regulated injection pile-electric discharge technology with multiple pile enlargements posed as an underground reinforced concrete structure with a controlled load capacity. *18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria*. 2018, pp. 601–608.
3. Соколов Н.С. Алгоритм понижения полов подвала с использованием свай ЭРТ и грунтовых анкеров ЭРТ // *Бетон и железобетон*. 2020. № 2 (602). С. 39–47.
3. Sokolov N.S. The algorithm of lowering floors of the basement with the use of piles ERT and ground anchors ERT. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2020. No. 2 (602), pp. 39–47.
4. Sokolov N.S. Use of the piles of effective type in geotechnical construction. *Key Enginiring Materials*. 2018, pp. 70–74. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.771.70
5. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. Geotechnical cut-off diaphragms for built-up area protection in urban underground development. *The pros, of the 7th Int. symp. «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground»*, 16–18 May, 2011. tc28 IS Roma, AGI, 2011, No. 157NIK.
6. Nikiforova N.S., Vnukov D.A. The use of cut off of different types as a protection measure for existing buildings at the nearby underground pipelines installation. *Proc. of Int. Geotech. Conf. dedicated to the Year of Russia in Kazakhstan*. Almaty, Kazakhstan, 23–25 September 2004, pp. 338–342.
7. Petrukhin V.P., Shuljatjev O.A., Mozgacheva O.A. Effect of geotechnical work on settlement of surrounding buildings at underground construction. *Proceedings of the 13th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Prague, 2003.
8. Соколов Н.С. Один из подходов решения проблемы по увеличению несущей способности буровых свай // *Строительные материалы*. 2018. № 5. С. 44–47. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-759-5-44-47>
8. Sokolov N.S. One approach to solve the issue of increasing the bearing capacity of boring piles. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2018. No. 5, pp. 44–47. (In Russian). <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-759-5-44-47>
9. Sokolov N.S. Ground Ancher Produced by elektric discharge technology, as reinforced concrete structure. *Key Enginiring Materials*. 2018, pp. 76–81.
10. Ilichev V.A., Nikiforova N.S., Koreneva E.B. Computing the evaluation of deformations of the buildings located near deep foundation trenches. *Proc. of the XVlth European conf. on soil mechanics and geotechnical engineering*. Madrid, Spain, 24–27<sup>th</sup> September 2007. «Geotechnical Engineering in urban Environments». Vol. 2, pp. 581–585.
11. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. *Key Enginiring Materials*. 2018, pp. 56–69. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.771.56>
12. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Георекострукция, 2010. 551 с.
12. Ulickij V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. Geotekhnicheskoe soprovozhdenie razvitiya gorodov [Geotechnical Support of Urban Development]. Saint Petersburg: Georeconstruction. 2010. 551 p.
13. Sokolov N.S. One of the geotechnical technologies to strengthen the foundation base in constraint environment in the addition of 4 floors. *18 international multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2018 Albena Resort SPA Bulgaria*. 2018, pp. 513–522.
14. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aliging the turches of objects targe-sized foundations and increased loads on them. *Key Enginiring Materials*. 2018, pp. 1–11.
15. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.Е. Расчет буроинъекционных свай повышенной несущей способности // *Жилищное строительство*. 2017. № 11. С. 20–26.
15. Sokolov N.S., Sokolov A.N., Sokolov S.N., Glushkov V.E., Glushkov A.E. Calculation of Increased Bearing Capacity Bored Piles. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 11, pp. 20–26. (In Russian).
16. Соколов Н.С. Фундамент повышенной несущей способности с использованием буроинъекционных свай ЭРТ с многоместными уширениями // *Жилищное строительство*. 2017. № 9. С. 25–29.
16. Sokolov N.S. The foundation of increased bearing capacity employing bored electric discharge (ЭРТ) piles with multi-seat broadening. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 9, pp. 25–29. (In Russian).
17. Соколов Н.С., Викторова С.С. Исследование и разработка разрядного устройства для изготовления буровой набивной сваи // *Строительство*:

- Новые технологии – новое оборудование.* 2017. № 12. С. 38–43.
17. Sokolov N.S., Viktorova S.S. Research and development of a discharge device for manufacturing a bored pile. *Stroitelstvo: novye tekhnologii – novoye oborudovaniye.* 2017. No. 12, pp. 38–43. (In Russian).
18. Nikolay Sokolov, Sergey Ezhov, Svetlana Ezhova. Preserving the natural landscape on the construction site for sustainable ecosystem. *Journal of applied engineering science.* Vol. 15. article 482, pp. 518–523. DOI: 10.5937/jaes15-14719.
19. Соколов Н.С. Электроимпульсная установка для изготовления буроинъекционных свай // *Жилищное строительство.* 2018. № 1–2. С. 62–66.
19. Sokolov N.S. Electric pulse installation for the manufacture of bored piles. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 1–2, pp. 62–66. (In Russian).
20. Triantafyllidis Th., Schafer R. Impact of diaphragm wall construction on the stress state in soft ground and serviceability of adjacent foundations. *Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.* Madrid, Spain, 22–27 September 2007, pp. 683–688.
21. Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.Е. Расчет буроинъекционных свай повышенной несущей способности // *Жилищное строительство.* 2017. № 11. С. 20–26.
21. Sokolov N.S., Sokolov A.N., Sokolov S.N., Glushkov V.E., Glushkov A.E. Calculation of increased bearing capacity bored piles. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 11, pp. 20–26. (In Russian).
22. Соколов Н.С., Зимин С.Б. Случай из геотехнической практики усиления прислоненного склона // *Жилищное строительство.* 2021. № 3. С. 38–43. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-3-38-43>
22. Sokolov N.S., Zimin S.B. An experience from the geotechnical practice of reinforcing a leaned slope. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2021. No. 3, pp. 38–43. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-3-38-43>
23. Соколов Н.С. Технология увеличения несущей способности основания // *Строительные материалы.* 2019. № 6. С. 67–72. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-771-6-67-71>
23. Sokolov N.S. Technology of increasing a base bearing capacity. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2019. No. 6, pp. 67–72. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-771-6-67-71>
24. Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н., Федоров П.Ю. Буроинъекционные сваи ЭРТ как основания фундаментов повышенной несущей способности. *Труды Национально-технической конференции с иностранным участием «Нелинейная механика грунтов и численные методы расчетов в геотехнике и фундаментостроении».* Воронежский государственный технический университет. Воронеж, 2019. С. 195–201.
24. Sokolov N.S., Sokolov S.N., Sokolov A.N., Fedorov P.Yu. Bored piles by electric discharge technology (ЭРТ) as a base of increased bearing capacity foundations. *Works of the National Technical Conference with foreign participation «Nonlinear soil mechanics and numerical methods of calculation in geotechnics and foundation engineering».* Voronezh State Technical University. Voronezh. 2019, pp. 195–201. (In Russian).
25. Соколов Н.С. Разрядно-импульсная геотехническая электроразрядная технология усиления оснований // *Строительные материалы.* 2020. № 12. С. 63–65. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-787-12-63-65>
25. Sokolov N.S. Discharge-pulse geotechnical electro discharge technology of bases strengthening. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 12, pp. 63–65. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-787-12-63-65>
26. Ilichev V.A., Konovalov P.A., Nikiforova N.S., Bulgakov L.A. Deformations of the Retaining Structures Upon Deep Excavations in Moscow. *Proc. Of Fifth Int. Conf on Case Histories in Geotechnical Engineering,* April 3–17. New York, 2004, pp. 5–24.

## СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Учебное пособие «Промышленное и гражданское строительство. Введение в профессию»

Авторы: Грызлов В.С., Ворожбянов В.Н., Гендлина Ю.Б., Залипаева О.А., Каптюшина А.Г., Медведева Н.В., Петровская А.А., Поварова О.А., Чорная Т.Н.

Научный редактор – д-р техн. наук, проф. В.С. Грызлов

Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 276 с.

Дана общая характеристика профессии строитель. Приведены сведения из истории развития строительной отрасли. Предложено краткое описание видов строительной продукции, особенностей проектирования строительных объектов, технологии и порядка организации возведения зданий и сооружений; раскрыты вопросы менеджмента в строительстве. Подчеркнута важность строительной науки и цифровизации строительной деятельности. Отдельная глава посвящена особенностям организации инженерно-строительного обучения. Для студентов бакалавриата, начавших обучение по направлению «Строительство». Может быть использовано для профориентационной работы с выпускниками школ.

По вопросам приобретения обращайтесь в издательство «Инфра-Инженерия»





УДК 679.746.5

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-23-30>

Л.М. КОЛЧЕДАНЦЕВ, д-р техн. наук (orgst@spbgasu.ru),  
И.М. ЧАХКИЕВ, канд. техн. наук (chim\_06@mail.ru), Я.С. МОВШОВИЧ, бакалавр (магистрант)  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
(190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4)

## Преимущества бестраншейного способа прокладки волоконно-оптического кабеля в грунт кабелеукладчиком

*С учетом очередности операций технологического процесса траншейной и бестраншейной прокладки волоконно-оптического кабеля в грунт рассчитаны трудозатраты, сопоставлены экономические показатели для обоих технических решений. Выгодоприобретателями этого предложения могут выступать строительно-монтажные организации по прокладке волоконно-оптических линий связи, генеральные подрядчики и заказчики (технические заказчики). В расчетах были приняты государственные элементные сметные нормы на монтаж оборудования в Санкт-Петербурге (ГЭСНм-2001 СПб) с использованием поправочных коэффициентов к стоимости монтажных работ, приведенные к уровню цен по состоянию на январь 2019 г. Не были задействованы в расчетах материалы, которые используются при обоих технологических процессах, и исключены работы, выполнение или невыполнение которых не зависит от выбора способа прокладки. Принято, что в обоих случаях кабель укладывается в защитной полиэтиленовой трубе. Преимущества могут включать минимизацию трудозатрат, экономическую выгоду, сокращение сроков строительства, уменьшение количества оформляемой исполнительной документации и минимизацию рисков простоя, связанных с освидетельствованием работ.*

**Ключевые слова:** волоконно-оптический кабель, защищенная полиэтиленовая труба, прокладка кабеля в грунт, кабелеукладчик, траншейный способ прокладки, бестраншейный способ прокладки.

**Для цитирования:** Колчеданцев Л.М., Чахкиев И.М., Мовшович Я.С. Преимущества бестраншейного способа прокладки волоконно-оптического кабеля в грунт кабелеукладчиком // *Жилищное строительство*. 2021. № 4. С. 23–30. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-23-30>

L.M. KOLCHEDANTSEV, Doctor of Sciences (Engineering) (orgst@spbgasu.ru),

I.M. CHAKHKIEV, Candidate of Sciences (Engineering), (chim\_06@mail.ru); Ya. S. MOVSHOVICH, Bachelor (Graduate Student)  
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, Vtoraya Красноармейская Street, Saint Petersburg, 190005, Russian Federation)

### Advantages of the Trenchless Method of Laying Fiber-Optic Cable into the Ground By a Cable-Laying Machine

Taking into account the sequence of operations of the technological process of trench and trenchless laying of fiber-optic cable into the ground, labor costs are calculated, and economic indicators for both technical solutions are compared. The beneficiaries of this offer can be construction and installation organizations for laying fiber-optic communication lines, general contractors and customers (technical customers). As a basis for the calculations, the state element estimate norms for the installation of equipment in St. Petersburg (GESNm-2001 St. Petersburg) were used with the use of correction factors for the cost of installation work brought to the price level as of January 2019. The materials used in both technological processes were not used in the calculations, and the work performed or not performed, which does not depend on the choice of the laying method, was excluded. It is accepted that in both cases the cable is laid in a protective polyethylene pipe. Advantages may include minimization of labor costs, economic benefits, reduction of construction time, reduction of the number of executive documentation issued, and minimization of downtime risks associated with the inspection of works.

**Keywords:** fiber-optic cable, protected polyethylene pipe, cable laying in ground, cable laying machine, trench laying method, trenchless laying method.

**For citation:** Kolchedantsev L.M., Chakhkiev I.V., Movshovich Ya.S. Advantages of the trenchless method of laying fiber-optic cable into the ground by a cable-laying machine. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2021. No. 4, pp. 23–30. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-23-30>

Для того чтобы обеспечить широкополосный доступ в отдаленных от административных центров регионах, необходимо организовать надежную среду передачи сигналов. Такой средой в современном мире является волоконно-оптическая линия связи. Оборудование спектрального уплотнения, приемники,

передатчики, усилители, аттенюаторы, компенсаторы дисперсии и другие элементы сети устанавливаются в узлах связи или других специально возведенных и оборудованных для этого помещениях [1–7].

Если при возведении сооружений связи после выбора места возведения вопросов остается немного,

то при выборе способа прокладки волоконно-оптического кабеля (ВОК) необходимо принять во внимание ряд факторов [8].

В мегаполисах и больших городах выбор способа прокладки ВОК сводится к анализу существующих на предполагаемой траектории кабельной трассы кабеленесущих конструкций. Рассматриваются технические условия, стоимость аренды и затраты на прокладку ВОК. Как правило, в таких районах применяются несколько способов прокладки кабеля: траншейный и бестраншейный; горизонтально-направленного бурения (ГНБ); горизонтально-направленного прокола (ГНП); прокладка кабеля в существующей кабельной канализации и защитной полиэтиленовой трубе (ЗПТ).

Прокладка ВОК в ЗПТ является более дорогостоящей технологией по сравнению с прокладкой ВОК непосредственно в грунт [7, 9]. Тем не менее выбор именно этой технологии в большинстве случаев обусловлен возможностью эффективного использования проложенных ЗПТ для прокладки в них новых ВОК в целях увеличения мощности сети или ее модернизации [4, 10, 11].

Строительно-монтажная организация выиграла конкурс на прокладку волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), состоящей из двух участков общей протяженностью 21950 м в Ленинградской обл.: в кабельной канализации – 4132 м и по зданию – 275 м. В составе работ запроектировано семь участков ГНБ и пять участков ГНП общей протяженностью 2000 м и 230 м соответственно. Основная часть ВОЛС длиной 15313 м, согласно проекту, прокладывается траншейным способом на глубине 1,2 м в ЗПТ. В местах пересечения с существующими коммуникациями запроектирована защита ВОК снизу и сверху стальным швеллером, а вдоль трассы ВЛ слева и справа вдоль трассы на расстоянии 1 м от оси ВОК предусмотрен защитный стальной трос. По всей длине

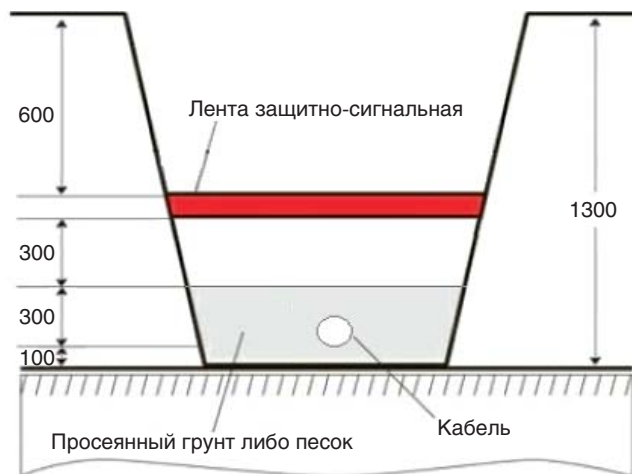


Рис. 1. Разрез траншеи

Fig. 1. The cross section of the trench

ВОЛС на глубине 60 см укладывается сигнальная лента (рис. 1).

Согласно инженерно-геологическому районированию, район строительства относится к региону IA, принадлежащему Московской синеклизе, с холмистыми возвышенностями, представляющими собой холмисто-моренный и камовый рельеф. Район изысканий в геоморфологическом отношении представляет собой холмистую возвышенность. Территория проектируемого строительства находится в пределах одного геоморфологического элемента одного генезиса. Опасным геологическим и инженерно-геологическим процессом, отрицательно влияющим на условия строительства, является подтопление.

При рассмотрении шести проектов прокладки ВОЛС в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской обл., разработанных не ранее 2016 г., выявлено, что во всех шести проектах при необходимости прокладки ОК в грунт принимается решение применения траншейного способа как основного. Строительно-мон-

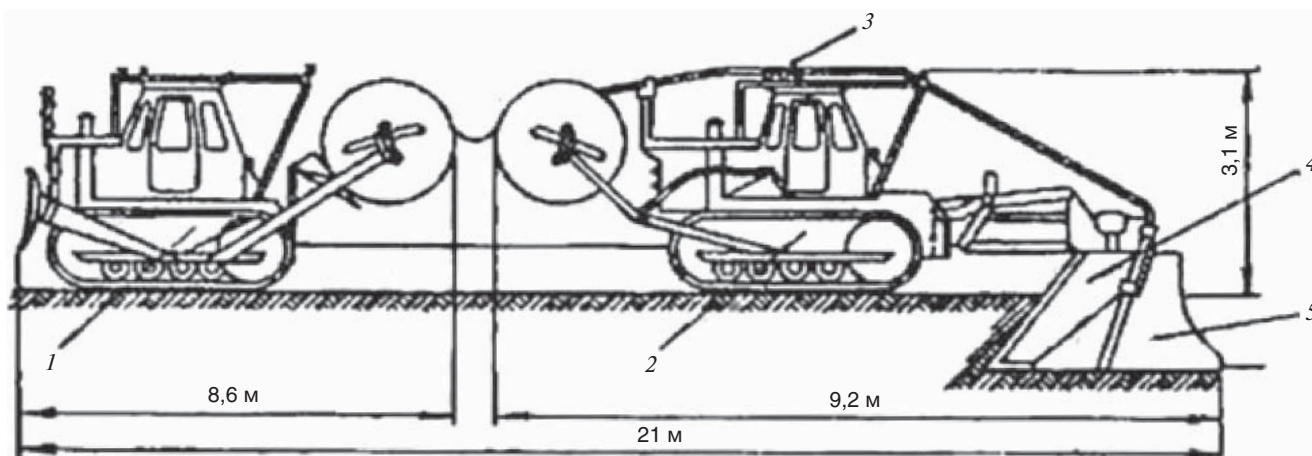


Рис. 2. Кабелюкладочный комплекс КНВ-1К: 1 – бульдозер; 2 – кабелюкладчик; 3 – направляющая система; 4 – нож; 5 – кассета

Fig. 2. Cable-laying vehicle KNB-1K: 1 – bulldozer; 2 – cable layer; 3 – guide system; 4 – knife; 5 – cassette

тажные организации, выступая как практики, категорически против такого решения и настаивают на давно отработанном бестраншейном способе прокладки ВОК ножевым вибрационным кабелеукладчиком (рис. 2).

Таким образом, был поставлен вопрос о целесообразности применения траншейного способа прокладки ВОК. Для этого необходимо предоставить заказчику обоснование; исследовать сметную стоимость каждой технологии, затраты труда рабочих, механизмов и на основе полученных данных определить технико-экономические показатели; провести сравнительный анализ полученных данных для каждого способа прокладки волоконно-оптического кабеля [5].

**Подготовка к строительству ВОЛС** является продолжительным и очень важным процессом. Огромное значение имеет организационно-технологическая документация. Проект производства работ разрабатывается на основе проекта организации строительства, сметной документации, рабочей документации и результатов обследования на местности. Проект производства работ является максимально адаптированным под реалии объекта строительства документом. От его полноты зависит скорость взаимодействия участников строительства, своевременное обеспечение механизмами, рабочей силой, материальными ресурсами и временными сооружениями.

В проекте производства работ уточняются траектории кабельной трассы и корректируются технологии на участках ВОЛС в составе технологических карт. Закрепляются технические условия согласованием проекта производства работ с владельцами пересекаемых коммуникаций, эксплуатацией и за-

казчиком. После ознакомления с оформленным документом производителей работ можно приступать к расчистке территории прохождения трассы ВОЛС от леса, устройству лежневых дорог, геодезической разбивке оси прохождения трассы, разработке траншеи, устройству переходов бестраншейным методом, монтажу кабельной канализации связи, монтажу ПЭ труб для укладки кабеля, доставке материалов и оборудования к месту производства работ, измерение ВОК перед прокладкой (на барабане) [10]. Когда все вышеперечисленные мероприятия будут завершены, можно начинать работы по прокладке ВОК [12].

Бестраншейный способ прокладки ВОК наиболее распространен. Имеет смысл выделить прокладку ВОК кабелеукладчиком. Именно такой способ прокладки кабеля позволяет сэкономить время и деньги, затраченные на производство работ. Когда кабель проложен непосредственно в грунт, возникает проблема его эксплуатации, в том числе замены при серьезных повреждениях; защиты от повреждений грызунами [3] и других типов повреждений [6]. Для решения данной проблемы целесообразно совмещать способы прокладки ВОК кабелеукладчиком и ЗПТ, т. е. прокладывать ЗПТ кабелеукладчиком.

Производители предоставляют возможность закупить ЗПТ с затянутым кабелем или фалом необходимой строительной длины. Если ЗПТ закупается «пустая», то необходимо производить пневмозадувку кабеля сжатым воздухом. Такой способ позволяет прокладывать ВОК большими строительными длинами 4–6 км [1], уменьшая количество стыков кабеля, и, как следствие, снижает потери мощности сигнала. При выборе типоразмера ЗПТ необходимо учитывать

Таблица 1  
Table 1

Сметная расценка на прокладку волоконно-оптических кабелей кабелеукладчиком  
Estimated price for laying fiber-optic cables by a cable-laying machine

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Количество		Сметная стоимость в текущих (прогнозных) ценах, р.		Трудозатраты основных рабочих	Трудозатраты механизмов
				на ед.	всего	на ед.	общая		
<b>Раздел 1. ВОЛС кабелеукладчиком</b>									
1	ГЭСНм10-06-048-02 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 № 872/пр	Прокладка волоконно-оптических кабелей кабелеукладчиком в грунтах: III группы НР (12742,8 р.): 100%*0.85 от ФОТ СП (7795,6 р.): 65%*0.8 от ФОТ	км трассы		1	49859,95	49859,95	49	50
		Затраты труда рабочих (ср. 4,5)	чел.-ч	49	49	184,17	9024,33		
		Затраты труда машинистов	чел.-ч	50	50				

Таблица 2  
Table 2

Сметная расценка на прокладку волоконно-оптических кабелей в траншее (сигнальная лента)  
Estimated price for laying fiber-optic cables in the trench (Signal tape)

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Количество		Сметная стоимость в текущих (прогнозных) ценах, р.		Трудо-затраты основных рабочих	Трудо-затраты механизмов
				на ед.	всего	на ед.	общая		
<b>Раздел 1. ВОЛС кабелеукладчиком</b>									
2	ГЭСНм10-06-048-05 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 № 872/пр	Прокладка волоконно-оптических кабелей в траншее (Сигнальная лента) (ОП п. 1.10.98 Прокладка опознавательной ленты ОЗП=0,3; ЭМ=0,3 к расх.; ЗГМ=0,3; ТЗ=0,3; ТЗМ=0,3) НР (1265,51 р.): 100%*0.85 от ФОТ СП (774,2 р.): 65%*0.8 от ФОТ	км кабеля		1	4034,69	4034,69	5,7	2,4
		Затраты труда рабочих (ср. 4,3)	чел.-ч	5,7	5,7	180,35	1028		
		Затраты труда машинистов	чел.-ч	2,4	2,4				
Итого прямые затраты по разделу в текущих ценах							53894,64	54,7	52,4
Накладные расходы							14008,31		
Сметная прибыль							8569,79		
<b>Итого по разделу 1</b>							<b>76472,74</b>	<b>54,7</b>	<b>52,4</b>

Таблица 3  
Table 3

Сметная расценка на прокладку и разработку грунта в отвал экскаваторами  
Estimated price for laying the development of soil in the dump by excavators

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Количество		Сметная стоимость в текущих (прогнозных) ценах, р.		Трудо-затраты основных рабочих	Трудо-затраты механизмов
				на ед.	всего	на ед.	общая		
<b>Раздел 1. Традиционный метод</b>									
3	ГЭСН01-01-004-03 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 № 871/пр	Разработка грунта в отвал экскаваторами драглайн или «обратная лопата» с ковшом вместимостью: 0,4 (0,3-0,45) м <sup>3</sup> , группа грунтов 3 НР (2693 р.): 95%*0.85 от ФОТ СП (1333,99 р.): 50%*0.8 от ФОТ	1000 м <sup>3</sup>		0,36 (0,6*0,6*1000)/ /1000	59005,42	21241,95	3,48	15,16
		Затраты труда рабочих (ср. 2)	чел.-ч	9,68	3,48	130,58	454,42		
		Затраты труда машинистов	чел.-ч	42,1	15,16				

соотношение диаметров ЗПТ и ВОК. Пневмозадувка таких больших строительных длин обеспечивается диаметром ВОК, не превышающим 0,4 внутреннего диаметра ЗПТ [2].

В рассматриваемых условиях технологический процесс состоит из двух операций:

1. Прокладка волоконно-оптических кабелей кабелеукладчиком в грунтах III группы (табл. 1).

2. Прокладка волоконно-оптических кабелей в траншее (сигнальная лента) (табл. 2).

В результате произведенных сметных расчетов получена стоимость работ на 1 км трассы – 76 472,74 р., затраты труда рабочих – 54,7 чел.-ч и затраты труда механизмов – 52,4 маш.-ч.

**Траншейный способ прокладки.** На практике применяются и траншейные способы проклад-

Таблица 4  
Table 4

Сметная расценка на устройство трубопроводов из полиэтиленовых труб  
Estimated price for the installation of pipelines from polyethylene pipes

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Количество		Сметная стоимость в текущих (прогнозных) ценах, р.		Трудо-затраты основных рабочих	Трудо-затраты механизмов
				на ед.	всего	на ед.	общая		
<b>Раздел 1. Традиционный метод</b>									
5	ГЭСН34-02-003–01 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 № 871/пр	Устройство трубопроводов из полиэтиленовых труб: до 2 отверстий НР (17255,95 р.): 100%*0.85 от ФОТ СП (10556,58 р.): 65%*0.8 от ФОТ	канал. км		1	20813	20813	133	
		Затраты труда рабочих (ср. 2,9)	чел.-ч	133	133	152,64	20301		

Таблица 5  
Table 5

Сметная расценка на прокладку волоконно-оптических кабелей в траншее (укладка ленты)  
Estimated price for laying fiber-optic cables in a trench (Laying tape)

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Количество		Сметная стоимость в текущих (прогнозных) ценах, р.		Трудо-затраты основных рабочих	Трудо-затраты механизмов
				на ед.	всего	на ед.	общая		
<b>Раздел 1. Традиционный метод</b>									
6	ГЭСНм10-06-048–05 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 № 872/пр	Прокладка волоконно-оптических кабелей в траншее (укладка ленты) (ОП п.1.10.92 Прокладка опознавательной ленты ПЗ=0,3 (ОЗП=0,3; ЭМ=0,3 к расх.; ЗПМ=0,3; МАТ=0,3 к расх.; ТЗ=0,3; ТЗМ=0,3)) НР (1265,51 р.): 100%*0.85 от ФОТ СП (774,2 р.): 65%*0.8 от ФОТ	км кабеля		1	4035	4035	5,7	2,4
		Затраты труда рабочих (ср. 4,3)	чел.-ч	5,7	5,7	180,35	1028		
		Затраты труда машинистов	чел.-ч	2,4	2,4				

ки ВОК, несмотря на высокую стоимость работ. Необходимость использования траншейного способа прокладки ВОК может быть обусловлена техническими условиями владельцев коммуникаций или земель, по которым проходит траектория трассы [13].

Основанием для выбора траншейного способа прокладки ВОК может быть необходимость прокладки более трех ниток кабеля или ЗПТ по причине отсутствия технической возможности прокладки более трех ВОК/ЗПТ одновременно. Также выбор ляжет на траншейную прокладку при необходимости совместной прокладки ВОК и силового кабеля переменного тока, так как расстояние между силовым кабелем и кабелем связи должно быть не менее 500 мм в соответствии с ПУЭ-7 («Правила устройства электроустановок (7-е изд.)»).

При траншейной прокладке технологический процесс состоит из четырех операций.

1. Разработка грунта в отвал экскаваторами драглайн или «обратная лопата» с ковшем вместимостью: 0,4 (0,3–0,45) м<sup>3</sup>, группа грунтов 3 (табл. 3).

2. Устройство трубопроводов из полиэтиленовых труб: до двух отверстий (табл. 4).

3. Прокладка волоконно-оптических кабелей в траншее (укладка ленты) (табл. 5).

4. Засыпка траншей и котлованов с перемещением грунта до 5 м бульдозерами мощностью 59 кВт (80 л. с.) (табл. 6).

В результате произведенных сметных расчетов получена стоимость работ при прокладке ВОК в траншее на 1 км трассы – 120450 р., затраты труда рабочих – 142,18 чел.-ч и затраты труда механизмов – 20,46 маш.-ч.

При сравнительном анализе трудозатрат на прокладку 1 км ВОК траншейным способом (142,18 чел.-ч) и прокладку 1 км ВОК ножевым вибрационным кабелеукладчиком (54,7 чел.-ч) получаем

Таблица 6  
Table 6

Сметная расценка на засыпку траншей и котлованов с перемещением грунта до 5 м  
бульдозерами мощностью 59 кВт (80 л. с.)

Estimated price for backfilling trenches and pits with soil movement up to 5 m by bulldozers with a power of 59 kW (80 hp)

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Количество		Сметная стоимость в текущих (прогнозных) ценах, р.		Трудо-затраты основных рабочих	Трудо-затраты механизмов
				на ед.	всего	на ед.	общая		
<b>Раздел 1. Традиционный метод</b>									
4	ГЭСН01-01-033–02 Приказ Минстроя России от 26.12.2019 № 871/пр	Засыпка траншей и котлованов с перемещением грунта до 5 м бульдозерами мощностью: 59 кВт (80 л. с.), группа грунтов 2 НР (445,22 р.): 95%*0.85 от ФОТ СП (220,54 ру): 50%*0.8 от ФОТ	1000 м <sup>3</sup>		0,36 360/1000	8405,05	3025,82		2,9
		Затраты труда машинистов	чел.-ч	8,06	2,9				
	1. 91.01.01-034	Бульдозеры, мощность 59 кВт (80 л. с.)	маш.-ч	8,06	2,9	1042,81	3024,15		
Итого прямые затраты по разделу в текущих ценах							87019,21	268,14	40,66
Накладные расходы							44485,47		
Сметная прибыль							26849,32		
<b>Итого по разделу 1</b>							<b>120450</b>	<b>142,18</b>	<b>20,46</b>

Таблица 7  
Table 7

Технико-экономические показатели для прокладки ВОК кабелеукладчиком  
Technical and economic indicators for the laying a fiber optic cable by cable-layer

Технологический процесс и его операции	Затраты труда рабочих, чел.-ч	Затраты времени машин, маш.-ч	Состав звена (бригады), чел.	Продолжительность технологического процесса, ч/смены
Прокладка волоконно-оптических кабелей кабелеукладчиком в грунтах III группы	49	50	4	12,5/2
Прокладка волоконно-оптических кабелей в траншее (сигнальная лента)	5,7	2,4	2	2,85/1

почти трехкратное увеличение затрат труда рабочих при прокладке траншейным способом. При этом в сметной стоимости работ разница увеличивается на 157,5%. Уменьшение разницы между трудозатратами и стоимостью происходит вследствие перераспределения затрат человеко-часов в пользу эксплуатации машин и механизмов и соответственно затрат машино-часов. При анализе не учитывались работы, предусмотренные технологическим процессом при обоих способах прокладки, и применяемые материалы, неучтенные расценкой.

**Технико-экономические показатели.** Для определения продолжительности строительства взяты полученные ранее трудозатраты, разбиты на звенья (бригады) и определено количество смен, необходимых для прокладки 1 км ВОК кабелеукладчиком (табл. 7) и прокладки 1 км ВОК в траншею (табл. 8).

Если предположить, что работы будут производиться кабелеукладчиком VERMEER P-185 (рис. 3),

то возможность прокладки сигнальной ленты одновременно с ВОК сокращает количество смен, необходимых для производства работ по прокладке 1 км волоконно-оптического кабеля кабелеукладчиком, до двух. При этом для прокладки 1 км ВОК в траншею необходимо восемь смен.

**Исполнительная документация.** Мало кто принимает во внимание потери в трудозатратах и стоимости работ по подготовке исполнительной документации, а также простои во времени, затраченные на освидетельствование скрытых работ строительным контролем заказчика и генерального подрядчика.

При прокладке ВОК кабелеукладчиком освидетельствование работ сводится к выборочному контролю глубины заложения кабеля и сигнальной ленты. По результатам освидетельствования оформляется акт по форме Приложения 3 к РД-11-02–2006 – Приказ Ростехнадзора от 26.12.2006 № 1128

Таблица 8  
Table 8

**Технико-экономические показатели для прокладки ВОК в траншею**  
**Technical and economic indicators for laying a fiber optic cable in a trench**

Наименование технологического процесса и его операций	Затраты труда рабочих, чел.-ч	Затраты времени машин, маш.-ч	Состав звена (бригады), чел.	Продолжительность технологического процесса, ч/смены
Разработка грунта в траншеях экскаватором	3,48	15,16	2	7,58/1
Укладка ЗПТ в траншею	133	–	4	33,25/5
Прокладка сигнальной ленты в готовую траншею	5,7	2,4	2	2,85/1
Обратная засыпка траншеи грунтом	2,9	2,9	1	2,9/1

Таблица 9  
Table 9

**Работы, подлежащие освидетельствованию при прокладке ВОК в траншею**  
**Works subject to inspection when laying fiber optic cable in a trench**

Наименование работ, подлежащих освидетельствованию	Контролируемый параметр
Разработка траншеи	Геометрические параметры
Подушка из просеянного грунта 10 см	Высота подушки, качество грунта
Прокладка кабеля	Глубина заложения
Подушка из просеянного грунта 30 см	Высота подушки, качество грунта
Прокладка сигнальной ленты	Глубина заложения



Рис. 3. Кабелюкладчик VERMEER P-185

Fig. 3. Cable layer VERMEER P-185

(ред. от 09.11.2017) «Об утверждении и введении в действие Требований к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и Требований, предъявляемых к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения» с изменениями (Приказ Ростехнадзора от 09.11.2017 № 470).

Траншейный способ прокладки ВОК требует поэтапного операционного контроля. После каждой операции вызывается комиссия из представителей: застройщика/заказчика по вопросам строительного контроля; лица, осуществляющего строительство; лица, осуществляющего строительство, по вопросам строительного контроля; лица, осуществляющего подготовку проектной документации (в случае наличия договора на осуществление авторского надзора). Обеспечить участие всех членов комиссии в

освидетельствовании скрытых работ сразу после выполнения каждой операции – задача практически невыполнимая, а, учитывая количество работ (табл. 9), подлежащих освидетельствованию, риск простоев очень высок.

В остальном исполнительная документация идентична для обеих технологий и разрабатывается в соответствии с РД 45.156–2000 «Состав исполнительной документации на законченные строительством линейные сооружения магистральных и внутризоновых ВОЛП».

**Выводы.** Анализ трудозатрат, сметной стоимости, технико-экономических показателей типовой технологии, применимой на любом из шести проектов, показал преимущество бестраншейного способа прокладки ВОК ножевым вибрационным кабелюкладчиком по сравнению с траншейным способом. Приняты во внимание риски простоя и необходимое количество исполнительной документации.

**Список литературы**

1. Зубилевич А.Л., Колесников В.А. Прокладка оптических кабелей с применением защитных пластмассовых труб // *Телекоммуникации и транспорт*. 2009. № 1. С. 150–152.

**References**

1. Zubilevich A.L. Kolesnikov V.A. Laying of optical cables with the use of protective plastic tubes. *Telekommunikatsii i transport*. 2009. No. 1, pp. 150–152. (In Russian).

2. Lutchenko S.S., Bogachkov I.V., Kopytov E.Y. The technique of determination of fiber-optical lines availability and maintenance intervals. *2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)*. Omsk, 2015. DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147004
3. Ivanov O.G., Popov B.V. Popov V.B. Protection of optical cables in the protective plastic tube from damage by rodents. *Journal of Communication*. 2010. No. 7, pp. 22–23.
4. Воронцов А.С. Технологии строительства ВОЛС // *Фотон-экспресс*. 2005. № 2. С. 29–31.
5. Андреев В.А., Бурдин В.А., Попов В.Б. Анализ капитальных затрат на строительство подземных ВОЛП // *Первая миля*. 2014. № 2. С. 74–79.
6. Сиднев С.А., Зубилевич А.Л., Колесников О.В., Царенко В.А. Выбор способа прокладки оптического кабеля с учетом грозоповреждаемости // *Кабели и провода*. 2015. № 6. С. 14–15.
7. Ющенко Н.И., Кулешов С.М., Гусев А.А. Прокладка оптических кабелей в защитных пластмассовых трубах. Проблемы и решения. // *Фотон-экспресс*. 2004. № 7/8. С. 29–31.
8. Сиднев С.А., Зубилевич А.Л. Применение экономического критерия при выборе одномодовых оптических волокон для ВОЛС // *Век качества*. 2011. № 1. С. 60–61.
9. Екимов А.Н., Догнал П., Гойдова С. Проектирование и строительство ВОЛС с использованием защитных трубок // *Фотон-экспресс*. 2007. № 4. С. 42–44.
10. Утетлеу Б., Хромой Б.П. Основные принципы выбора измерительных приборов для строительства волоконно-оптических линий связи // *Телекоммуникации и информационные технологии*. 2018. № 2. С. 43–47.
11. Зубилевич А.Л., Сиднев С.А., Царенко В.А. К вопросу о выборе способа прокладки подземного оптического кабеля // *Наука и техника*. 2016. № 6 (361). С. 19–22.
12. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2018. 268 с.
13. Иоргачев Д.В., Бондаренко О.В. Волоконно-оптические кабели и линии связи. М.: Эко-Трендз, 2002. 276 с.
2. Lutchenko S.S., Bogachkov I.V., Kopytov E.Y. The technique of determination of fiber-optical lines availability and maintenance intervals. *2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)*. Omsk, 2015. DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147004
3. Ivanov O.G., Popov B.V. Popov V.B. Protection of optical cables in the protective plastic tube from damage by rodents. *Journal of Communication*. 2010. No. 7, pp. 22–23.
4. Vorontsov A.S. Fiber-optic cable construction technologies. *Foton-ekspress*. 2005. No. 2, pp. 29–31. (In Russian).
5. Andreev V.A., Burdin V.A., Popov V.B. Analysis of capital expenditures for the construction of underground FOLS. *Pervaya milya*. 2014. No. 2, pp. 74–79. (In Russian).
6. Sidnev S.A., Zubilevich A.L., Kolesnikov O.V., Tsarenko V.A. Choosing the method of laying the optical cable, taking into account the lightning damage. *Kabeli i provoda*. 2015. No. 6, pp. 14–15. (In Russian).
7. Yushchenko N.I., Kuleshov S.M., Gusev A.A. Laying of optical cables in protective plastic pipes. Problems and solutions. *Foton-ekspress*. 2004. No. 7/8, pp. 39–40. (In Russian).
8. Sidnev S.A., Zubilevich A.L. Application of the economic criterion in the selection of single-mode optical fibers for FOLS. *Vek kachestva*. 2011. No. 1, pp. 60–61. (In Russian).
9. Ekimov A.N., Dognal P., Goidova S. Design and construction of FOLS using protective tubes. *Foton-ekspress*. 2007. No. 4, pp. 42–44. (In Russian).
10. Utetleu B., Khromoi B.P. Basic principles of the choice of measuring devices for the construction of fiber-optic communication lines. *Telekommunikatsii i informatsionnye tekhnologii*. 2018. No. 8, pp. 67–71. (In Russian).
11. Zubilevich A.L., Sidnev S.A., Tsarenko V.A. To the question of choosing a method for laying an underground optical cable. *Nauka i tekhnika*. 2016. No. 6 (361), pp. 19–22. (In Russian).
12. Sklyarov O.K. Volokonno-opticheskie seti i sistemy svyazi [Fiber-optic networks and communication systems]. Saint-Petersburg/Moscow/Krasnodar: Lan'. 2018. 268 p.
13. Iorgachev D.V. Bondarenko O.V. Volokonno-opticheskie kabeli i linii svyazi [Fiber-optic cables and communication lines]. Moscow: Eko-Trendz. 2002. 276 p.



УДК 72.01:721.01:72.05

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-31-38>

А.Р. КРЮКОВ, канд. архитектуры (teod.amadey@yandex.ru)

АО «Центр методологии нормирования и стандартизации в строительстве» (АО «ЦНС»)  
(125057, г. Москва, Ленинградский пр., 63)

## Архитектурные формы, их значимость и знаковость

*Представлен выборочный анализ тезисов мастеров архитектуры об архитектуре конца XIX–XX вв. цитатами по тексту, удостоверяющий основы и исторически устойчивые направления развития методически современных творческих устремлений к значимости и знаковости архитектурных форм и творческие приемы архитектурного формообразования. Выявлена взаимосвязь значимости и знаковости архитектурных форм объектов капитального строительства и градостроительных образований застроек методами: архитектурной аппроксимации сравнений упрощенных образов архитектурных форм; примерной эскизной проработки комплекса высотной застройки со значимым высокотехнологичным перевоплощением традиционной знаковости архитектурных форм; классификации функциональных типов помещений; формализации показателей значимости объектов и застроек.*

**Ключевые слова:** архитектурные формы, архитектурное формообразование, значимость и знаковость архитектурных форм, функциональное назначение, объемно-планировочные показатели, помещения объектов, территории застроек.

**Для цитирования:** Крюков А.Р. Архитектурные формы, их значимость и знаковость // *Жилищное строительство*. 2021. № 4. С. 31–38. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-31-38>

A.R. KRYUKOV, Candidate of Architecture (teod.amadey@yandex.ru)

JSC “Center of the Regulation and Standardization Methodology in Construction” (JSC “CNS”)  
(63, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125057, Russian Federation)

### Architectural Forms, the Significance and Iconic

The article presents a selective analysis of the theses of the masters of architecture about the architecture of the late 19th–20th centuries with epigraphs and quotations from the text, which certifies the foundations and historically stable directions of development of methodically modern creative aspirations to the significance and signedness of architectural forms and creative techniques of architectural shaping. The interrelation of the significance and signedness of the architectural forms of capital construction objects and urban development structures is revealed by the methods of: architectural approximation of comparisons of simplified images of architectural forms, an approximate sketch study of a complex of high-rise buildings with a significant high-tech reincarnation of the traditional iconic architectural forms, classification of functional types of premises, formalization of indicators of the significance of objects and buildings.

**Keywords:** architectural forms, architectural shaping, significance and signedness of architectural forms, functional purpose, spatial-planning indicators, premises of objects, territories of developments.

**For citation:** Kryukov A.R. Architectural forms, the significance and iconic. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2021. No. 4, pp. 31–38. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-31-38>

**Архитектурные формы** объемов зданий, сооружений и целостных объемных объединений их групп – комплексов (далее – объектов) и их градостроительных объемно-пространственных композиций (далее – застроек), объединяющих участки объектов и территории общего пользования (пп. 10, 10.2, 36, 37, 38 ст. 1 Федерального закона от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации»), визуально воспринимаются наблюдателями в конфигурациях пластики фасадных поверхностей с отделкой и элементами благоустройства [1–5].

Архитектурные формы взаимообусловлены, но не ограничены содержанием функционально-пла-

нировочного зонирования и объемно-планировочных решений помещений и строительных массивов (конструкций со встроенным инженерным оборудованием и промежуточными пространствами) [6–8]. Фасадная оболочка максимально незастроенного полезного объема помещений, потенциально переустраиваемого и перепланируемого (ст. 25 Федерального закона от 29.12.2004 г. № 188-ФЗ «Жилищный кодекс Российской Федерации») с различным и изменяемым функционально-планировочным зонированием и/или функциональным назначением помещений по мере развития строительной индустрии и техники строительства все более соотносится с понятиями *свободный план* [9, Ф.Л. Райт. Будущее

архитектуры, 1953 г.] и *моденатура – пластическое завершение формы. <...> свободна от всякого принуждения, она является плодом чистой фантазии и благодаря ей лицо здания озаряется или, наоборот увядает. <...> в некотором смысле является отпечатком характера духовного облика эпохи. <...> свидетельствует о строе мыслей современников. <...> является духовным отражением своего времени* [9, Ле Корбюзье. Современное декоративное искусство, 1925 г.].

Творческие приемы архитектурного формообразования выражают структурно-логическую взаимосвязь архитектурных форм и содержания, формирующего интерьеры и тектонику поверхностей фасадов. Объединяя разобщенное или расчленив общее в толщах материалов или в многослойных оболочках фасадных поверхностей, органично выявляют или декоративно скрывают абрисы конфигураций помещений и строительных массивов. Проектирование снаружи вовнутрь, так же как и изнутри наружу, создает необходимую напряженность, которая помогает делать архитектуру [9, Р. Вентури. Сложность и противоречия в архитектуре, 1966 г.]. Балансы органичности и декоративности позволяют наблюдателям-аналитикам судить об эстетических категориях «красоты» «формы и содержания», о «подлинности или мнимости», «правдивости или ложности» архитектурной выразительности.

**Значимость и знаковость архитектурных форм** взаимно соотносятся – ...архитектурные сооружения характеризуются своим местом в пространстве и характеризуют это пространство <...> ...не существует архитектуры на грани одних лишь практических ценностей, как не существует архитектуры на грани одних лишь формальных ценностей [9, Э.Н. Роджерс. Опыт архитектуры, 1958 г.].

Значимость архитектурных форм проявляется в функционально-эксплуатационной эффективности долговечности и устойчивого развития при эстетической знаково-стилевой привлекательности в аналитических представлениях пользователей: частных (собственников, арендаторов, нанимателей), сторонних (посетителей, наблюдателей), привлеченных служб (эксплуатации, безопасности и др.).

Знаковость архитектурных форм проявляется в изобразительно-выразительной значимости их принадлежности: архитектурно-стилевой (новой или исторической, интернациональной или национальной); ландшафтам (природным и антропогенным) окружающих сред мест строительства; функциональным назначениям; объемно-пространственным композициям по наличию составных частей (блоков, секций и др.), компактности или разветвленности (протяженности, высотности), количеству этажей и

надземной этажности; строительным системам (материалов и технологий); конструктивным системам несущих и ограждающих конструкций и конструктивным схемам их взаиморасположения; визуально-коммуникативной информации (национальной, государственной, владельческой, рекламной и др.) в художественных образах синтеза искусств (скульптуры, рельефа, живописи, мозаики и др.). При этом памятники, которые пощадило время, обретают непреходящую ценность. Можно назвать их архитектурным фольклором – понятие, которым пытаются выразить плод творческого духа в рамках народной традиции... [9, Ле Корбюзье. Беседа со студентами архитектурных школ, 1957 г.], <...> архитектура включает спонтанность, она результат длительной, тщательной обусловленности: только от глубоких корней рождается тип, накопление архитектурных средств. Что представляет собой фольклор, существующий веками, если не итог чувств, единодушно выраженный в формах, которые воздействуют поистине универсально на всякое человеческое существо [9, Ле Корбюзье. Современное декоративное искусство, 1925 г.]. Знаковость в архитектуре есть не слепое принятие бессодержательных традиций при условии значимости... основанной на точно установленных утилитарных потребностях... жизнеспособной архитектуры, которая хороша на все времена» [9, Л.Г. Салливан. Автобиография идеи, 1923 г.] и <...> Настоящая традиция есть результат постоянного развития; ее должна отличать динамичность, а не статичность, с тем чтобы она служила для людей неистощимым стимулом к новому <...> Слово «традиция» означает «передачу, продолжение» [9, В. Гропиус. Традиции и преемственность в архитектуре, 1964 г.].

**Знаковость архитектурных форм** не повсеместна, а уместна своей средовой значимостью <...> Это значит создать архитектуру, которая имела бы право на существование только в специфических условиях современной жизни и находила бы отклик в наших чувствах как эстетическая ценность [9, А. Сант'Элиа. Манифест футуристической архитектуры, 1914 г.]. Потребность знаковости определяется значимостью баланса затрат и пользы области применения знаковых архитектурных форм, уместных в окружающей среде... того отношения между Пользой и Красотой в их предельной насыщенности, при котором архитектура может быть определена как *Полезность Красоты или Красота Полезности*» [9, Э.Н. Роджерс. Опыт архитектуры 1958 г.]. В застройках по обстоятельствам заказы группы объектов могут образовывать конгломераты без общей знаковости, или с непреднамеренной знаковостью, складывающейся в длительном исто-

рическом времени, или с мнимой знаковостью «городских легенд», приписываемой в силу ментальности аналитиков, а могут создавать архитектурные ансамбли в изначальных единых замыслах подлинной общей знаковости, реализованной исторически единовременно или последовательно преемственно [10–13]. Ментальность заказа проявляется балансами практически значимых и культурно-знаковых предпочтений <...> ...архитектура зависит от материальных факторов, но ее подлинное поле деятельности – сфера выразительности <...> Всюду, где техника достигает настоящего совершенства, она переходит в архитектуру [9, Л. Мис ван дер Роэ. Обращение к технологическому институту в Иллинойсе, 1950 г.]. Социально-эстетическое и культурное значение знаковости архитектуры перманентно возрастает, о чем свидетельствуют архитектурно-семиотические исследования, в частности [14–17]. Знаковость проявляется в принадлежности традиционному культурно-историческому контексту (пример московских высоток 1947–1957 гг., аналитиками воспринимаемых реминисценцией архитектурной образности башен Московского Кремля) [18] или в нейтральности новизны и контрасте оригинальности образного своеобразия и средовой самобытности (Останкинская телебашня, ММДЦ «Москва-Сити») и узнается в аппроксимированных упрощенно-трансформированных абрисах символических образов миниатюрных произведений искусств, сувениров (рис. 1).

Оригинальность архитектурных форм при-суща эстетике двух основных групп направлений [9, Э. Сааринен. Шесть мощных течений в современной архитектуре, 1953 г.] (тенденций): историзма в эклектике (рациональном выборе) архаичных или национальных традиций; модернизма в красоте функциональности, конструкции [Э. Сааринен «Функциональность, конструкция и красота», 1957 г.] в «индивидуалистических» или повторно-типовых проявлениях интернационального (международного) стиля [9, В. Гропиус. Интернациональная архитектура, 1925 г.].

Тенденция модернизма от конструктивизма до деконструктивизма, где тезис форма всегда следует за функцией [9, Л.Г. Салливан. Высотные административные здания, рассматриваемые с художественной точки зрения», 1896 г.] «приобретает смысл, если... «форма и функция едины» [9, Ф.Л. Райт, 1953 г.] характерна отказом от нелепой мешанины «самых разных стилевых приемов» [9, А. Сант’Элиа. Манифест футуристической архитектуры, 1914 г.] в противовес «назойливой пропаганде украшателей, не чувствующих духа своей эпохи» [Ле Корбюзье «Современное декоративное



**Рис. 1.** Знаковость архитектурных форм высотных зданий Москвы, выраженная методом архитектурной аппроксимации в приблизительном сравнении тождества общности, нюанса нейтральности, контраста отличий эстетики их миниатюрно-упрощенных образов

**Fig. 1.** The signedness of the architectural forms of Moscow's high-rise buildings, expressed by the method of architectural approximation in an approximate comparison of the identity of commonality, the nuance of neutrality, the contrast of the differences in the aesthetics of their miniature-simplified images

искусство», 1925 г.]. Ментальность заказа здесь значительно обусловлена социально-экономической и технократической подоплекой приоритета экономии и быстроты реализации средств по мере развития строительной индустрии и техники строительства, особенно в преодолении последствий разрушительных исторических событий: ...трудная эпоха послевоенной бедности... оторвала нас от сооружения дворцов... [Ле Корбюзье. Современное декоративное искусство, 1925 г.]. В ней повсеместен отрыв от традиций с приостановкой исторической преемственности <...> к легкости, практичности, эфемерности и скорости [9, А. Сант’Элиа. Манифест футуристической архитектуры, 1914 г.]; отказ от всякого представления о заранее установленном типе формы [9, Т. ван Дугсбург. На пути к пластической архитектуре, 1924 г.]. В своих массово-повторных и «кристалло-бионических» [19] проявлениях в контрасте, нюансе, тождестве, «безадресных» к культурно-средовым контекстам мест строительства такая архитектура стала ...бедной, плоской, безликой вещью, состоящей из стальных костей, коробкообразных форм, газовых труб и поручней, бесстрастно сверкающей на солнце, как бетонный тротуар или стеклянный резервуар... [9, Ф.Л. Райт. Будущее архитектуры, 1953 г.].

Тенденция историзма от эклектики до постмодернизма где мы перевернули лозунг Салливана «формы следуют за функцией» и создали практичное и экономичное пространство, которому можно придать различные функции [9, Л. Мис ван дер Роэ.



**Рис. 2.** Эскиз (фантазия) комплекса высотной застройки со значимым высокотехнологичным (хай-тек) перевоплощением традиционной знаковости архитектурных форм русского стиля

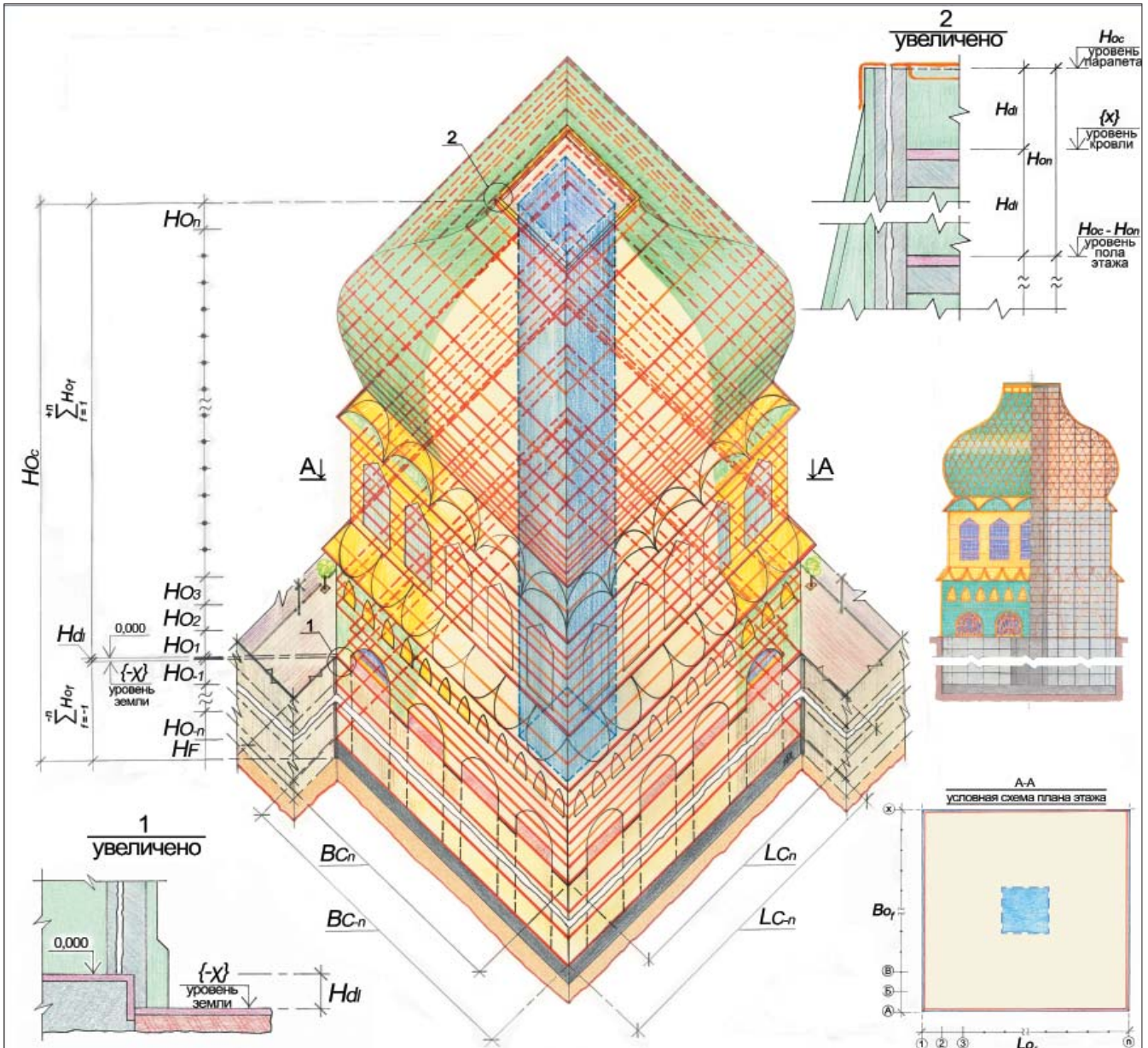
**Fig. 2.** Sketch (fantasy) of a high-rise building complex with a significant high-tech reincarnation of the traditional Iconic architectural forms of the Russian style

Кристиан Норберт-Шульц. Беседа с Мис ван дер Роэ, 1953 г.]; форма действительно предопределяется функцией, но превосходит ее, поскольку художественное воображение может ее сопровождать без ущерба для нее; чувство романтики не может умереть в сердцах человеческих [9, Ф.Л. Райт. Будущее архитектуры, 1953 г.]. <...> Как только представляется возможность прибегнуть к декорированию, неверно стараться от него избавиться <...> «есть нечто, постепенно рождающееся из текстуры и из конструкции... [Э. Сааринен. Функциональность, конструкция и красота, 1957 г.] без малейшей боязни противоречий между формой, с одной стороны, техникой и функцией – с другой... [9, О. Нимейер. Мой опыт строительства Бразилиа, 1963 г.]. В мировой архитектуре знаково-значимы высотные здания и комплексы с перевоплощением национальных традиций в индустриальной технике и технологиях.

В идейном наследии одних и тех же авторов органично, а не парадоксально, одновременно и востание против эклектизма [9, В. Горпиус. Границы архитектуры, 1955 г.] как слепого принятия бессодержательных традиций [9, Л.Г. Салливен. Автобиография идеи, 1923 г.], и принятие рационального выбора (эклектики) стилевых традиций: Если мы к

тому времени хорошо овладеем искусством создания чистых и простых форм, нас потянет в обратную сторону; но мы будем избегать варварства; нас будет отвращать все, от чего эти формы могут стать менее чистыми, менее благородными [9, Л.Г. Салливен. Орнамент в архитектуре, 1892 г.]; <...> к архитектуре, которая станет... искусством, которое будет жить потому, что оно вышло из народа, создано народом и для народа [9, Л.Г. Салливен. Высотные административные здания, рассматриваемые с художественной точки зрения, 1896 г.]. Традиция представляется нам стрелой, устремленной вперед, а вовсе не назад [9, Ле Корбюзье. Беседа со студентами архитектурных школ, 1957 г.].

Идейно-эстетически... архитектура в своем наилучшем виде может стать выразительницей сокровенной сущности своей эпохи [9, Л. Мис ван дер Роэ. О новой архитектуре, 1960 г.], старое и новое представляют диалектическую непрерывность исторического процесса [9, Э.Н. Роджерс. Опыт архитектуры, 1958 г.]. Логично предположить естественную предпочтительность не субъективной знаковости, спорно оригинальной в поисках нового ради самой новизны [9, О. Перре. Мысли об архитектуре, 1936 г.] лично-субъективной авторской знаковости в многоликости безликости абстракции и



ФОРМАЛИЗАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТНОШЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ	
Коэффициент эффективности площади этажа –	$KE_f = S_{Ef} / (S_{Cf} + S_{Tf} + S_{Af})$
Коэффициент эффективности площади объекта –	$KE_o = \sum_{f=1}^{+n} KE_f$
при совокупных условиях где:	$S_{Gf} \Rightarrow S_{Cf} \cup S_{Tf} \cup S_{Af}$ – площадь этажа общая включает объединение площадей этажа строительной, технической, вспомогательной
	$S_{Ef} \Rightarrow S_{Ebff} \cup S_{Eaef}$ – площадь этажа эффективная включает объединение площадей этажа: эффективной основной, эффективной вспомогательной
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЫСОТНЫХ	
$H_{0c}$ где: высота строительная общая	$H_{0c} = H_f + \sum_{f=-n}^{+n} H_{0f} + \sum_{l=-n}^{+n} H_{dl} \{x\}$ при условии где: $H_{dl} \{x\} \notin H_{0f}$ высота перепада уровня не принадлежит высоте этажа
$H_f$ высота фундамента	
$H_{0f}$ высота этажа (модульная)*	$\sum_{f=-n}^{+n} H_{0f}$ – сумма площадей обших по количеству этажей $f(n)$ (от всех подземных –n до всех надземных +n)
$H_{dl}$ высота перепада уровня*	$\sum_{l=-n}^{+n} H_{dl}$ – сумма высот количества перепадов уровней на этажах по количеству этажей $f(n)$
(d – индекс перепада уровня)	
$\{x\}$ – область изменений переменных высот перепадов уровней – по проектной документации	
* – ГОСТ 28984-2011 Модульная координация размеров в строительстве. Основные положения	

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЪЁМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ			
$V_{Gj}$ ( $j$ – индекс объекта)	Объём строительный общий	$V_{Gj} = \sum_{f=-n}^{+n} V_{Gf}$	– сумма объёмов этажей, суммарно по количеству этажей – $f(n)$
$V_{Gf}$ ( $f$ – индекс этажа)	Объём строительный этажа	$V_{Gf} = S_{Gf} \times H_{0f}$	– произведения площади общей этажа – $S_{Gf}$ и высоты этажа – $H_{0f}$
$S_{Gj}$	Площадь объекта общая	$S_{Gj} = \sum_{f=-n}^{+n} S_{Gf}$	– сумма площадей обших, суммарно по количеству этажей – $f(n)$
$S_{Cln}$	Площадь застройки надземная	$S_{Cln} = L_{Cn} \times B_{Cn}$	– произведение длины – $L_{Cn}$ и ширины – $B_{Cn}$ площади застройки надземной
$S_{C-l-n}$ при: $S_{C-l-n} > S_{Cln}$	Площадь застройки подземная	$S_{C-l-n} = L_{C-n} \times B_{C-n}$	– произведение длины – $L_{C-n}$ и ширины – $B_{C-n}$ площади застройки подземной
$S_{Gf}$	Площадь этажа в т.ч.: – общая	$S_{Gf} = L_{of} \times B_{of}$	– произведение длины площади этажа – $L_{of}$ и ширины площади этажа – $B_{of}$
$S_{Cf}$	– строительная	$S_{Cf} = S_{of} - S_{uf}$	– сумма площадей этажа: строительной – $S_{Cf}$ , полезной – $S_{uf}$ (технически инвентаризуемой во внутренних поверхностях строительных массивов)
$S_{Uf}$	– полезная	$S_{Uf} = S_{Tf} + S_{Af} + S_{Ef}$	– разность площадей этажа: общей, полезной – $S_{Uf}$ , вспомогательной – $S_{Af}$ , эффективной $S_{Ef}$ (по экспликации помещений)
$S_{Ef}$	– эффективная	$S_{Ef} = S_{Ebff} + S_{Eaef}$	– сумма площадей этажа: эффективной основной – $S_{Ebff}$ , эффективной вспомогательной – $S_{Eaef}$

Рис. 3. Формализация показателей значимости Объектов  
Fig. 3. Formalization of indicators of the significance of Objects

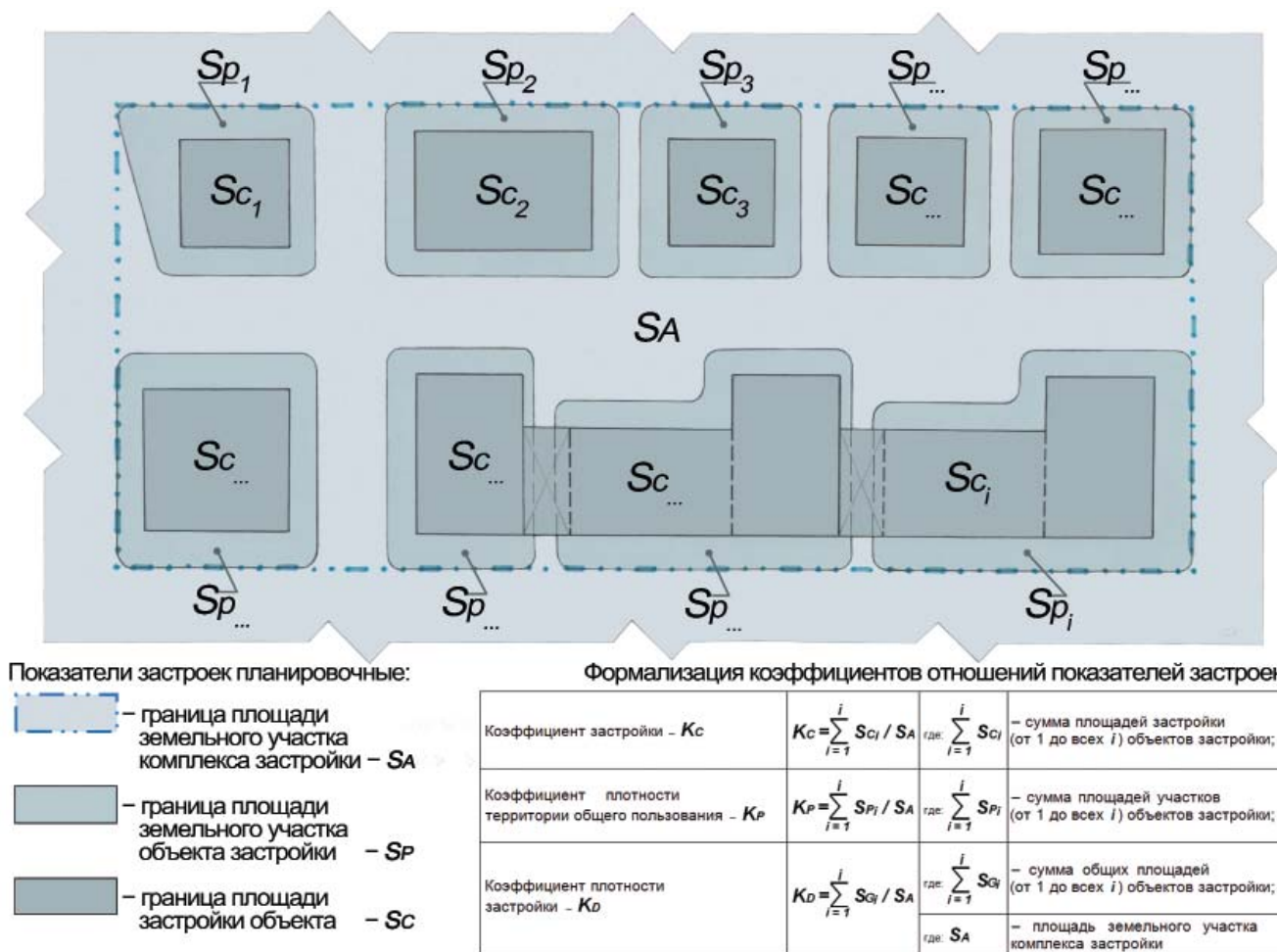


Рис. 4. Формализация показателей значимости застроек  
Fig. 4. Formalization of indicators of the significance of developments

универсализации и интернационализации средств выражения, являющихся двумя сторонами одной медали [9, К. Танге. Точка зрения, 1960 г.], а объективной знаковости, в духе развития «национальных идей», архитектурно-художественных культурных национальных, этнических (народных) традиций, для России – народов Российской Федерации <...> ...в творческом овладении прошлым и будущим, где традиции принадлежит роль катализатора... без сохранения либо превращения в созидательную силу [9, К. Танге. Творчество в современной архитектуре и японская традиция, 1960 г.]. Значимость архитектурных форм без фальшиво-ретроспективной «подлинности» осуществима в высокотехнологическом (хай-тек) перевоплощении традиционной знаковости, в частности архитектуры русского стиля (рис. 2).

**Значимость архитектурных форм** для субъектов градостроительных отношений, застройщиков (пп. 16, 22 ст. 1, ст. 5 № 190-ФЗ), владельцев или риелторов, реализующих строительную продукцию

частным пользователям, характеризуется объемно-планировочными показателями (далее – Показатели) объемов, площадей, высот строительных массивов и помещений, определяемыми заданиями при инвестировании и проектировании, проверяемыми в строительстве, инвентаризируемыми при эксплуатации [20–22].

Определение показателей осуществимо системно по объектам поэтажно и суммарно по этажам и по застройкам измерениями компьютерными и натурными. Последовательно, устраняя полисемию терминологии, определимы **показатели объемов** (множеств): **общих** (брутто) проектных по модульным осям (ГОСТ 28984–2011 «Модульная координация размеров в строительстве. Основные положения») и фасадным поверхностям; **строительных массивов**; **полезных** (нетто) эксплуатационных, инвентаризируемых во внутренних поверхностях строительных массивов ограждений помещений (пп. А.1.2 – А.1.6 Прил. А (обязательное) «Правила определения площади здания и его помещений,

площади застройки, этажности и строительного объема» СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные»; пп. 3.1–3.7; 3.33–3.40 «Инструкция о проведении учета жилищного фонда в Российской Федерации»; пп. 6, 9 Прил. № 2 к приказу Минэкономразвития РФ от 01.03.2016 г. № 90 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения и помещения»). Определимы **Показатели помещений** (подмножеств): **технических** инженерно-оборудованных, шахтных; **вспомогательных** общего пользования проходных, временного пребывания (входы, вестибюли, атриумы, холлы лифтовые и т. п.), а также подсобно-хозяйственных (кладовые и т. п.); **эффективных** частного пользования, в том числе: **эффективно-основных** однофункционального (общественного, жилого, производственного и др.) или многофункционального назначения, **эффективно-вспомогательных** (тамбуры, холлы, коридоры и т. п.), в том числе подсобных хозяйственно-технических (мини-кухни, санузлы, кладовые, серверные и т. п.).

Увеличение значимости условно априори формализуемо повышением коэффициентов (Прил. Б (обязательное) «Нормативные показатели плотности застройки территориальных зон СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений») отношений сумм показателей: для объектов общих / строительных; полезных / общих; эффективных / строительных, технических и вспомогательных; эффективных-основных/эффективных-вспомогательных (рис. 3); для застроек площадей: застройки (п. А. 1.1 Прил. А СП 54.13330.2016; п. 2.10 «Инструкция о проведении учета жилищного фонда в Российской Федерации»; п. 7 Прил. № 2 к приказу Минэкономразвития РФ от 01.03.2016 г. № 90) объектов / участков застроек (коэффициент застройки); участков объектов / участков Застроек (коэффициент плотности

### Список литературы

1. Крюков А.Р. Архитектурная образность форм и польза // *Высотные здания*. 2019. № 4. С. 68–73.
2. Крюков А.Р. Архитектурная детализация фасадов. Системный подход // *Высотные здания*. 2009. № 3. С. 54–59.

территорий общего пользования); общих объектов / участков застроек (коэффициент плотности застройки) (рис. 4).

Оптимизация балансов значимости в функционально-рационалистическом утилитарно-практическом увеличении показателей, эффективных за счет строительных, технических и вспомогательных, и знаковости в эстетическом и строительно-технологическом диапазоне от отсутствия до максимума, в установленном порядке согласования и утверждения корректируется требованиями законодательства и документов по стандартизации (ст. 2 Федерального закона от 29.06.2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации») в областях безопасности (ст. 3 Федерального закона от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений») и пользовательского удобства, градостроительства, использования ресурсов и энергии, охраны окружающей среды, санитарно-эпидемиологического благополучия и доступности маломобильных групп населения.

В целом развитие стилевых национальных архитектурно-художественных традиций в высокотехнологичной архитектуре, в частности в русском стиле, может эффективно способствовать гармонии, синтезу *Пользы и Красоты*, определяя *...стилистический характер отдельных произведений и в конечном счете различные стили в истории архитектуры* <...> *мы умеем теперь учитывать нашу длинную генеалогию и чувствуем, что каждый шаг, который мы делаем, подобен продвижению альпиниста, связанного одной веревкой с теми, что впереди, и с теми, что позади* [9, Э.Н. Роджерс. Опыт архитектуры, 1958 г.], при оптимизации балансов значимости и знаковости архитектурных форм.

### References

1. Kryukov A.R. Architectural imagery of forms and utility. *Vysotnye zdaniya*. 2019. No. 4, pp. 68–73. (In Russian).
2. Kryukov A.R. Architectural Detailing of Facades. System approach. *Vysotnye zdaniya*. 2009. No. 3, pp. 54–59. (In Russian).
3. Kryukov A.R. Appearance of Facades and Architectural Details of High-rise Buildings. *Vysotnye zdaniya*. 2009. No. 1, pp. 76–81. (In Russian).
4. Kryukov A.R. Architectural Approximation. *Vysotnye zdaniya*. 2010. No. 3, pp. 64–67. (In Russian).
5. Kryukov A.R. Full-service urban land improvement of business centers. *Vysotnye zdaniya*. 2016. No. 1, pp. 72–79. (In Russian).
6. Kryukov A.R. Guidelines on the interiors designing in skyscrapers. *Vysotnye zdaniya*. 2007. No. 6, pp. 64–69. (In Russian).

3. Крюков А.Р. Облик фасадов и архитектурные детали высотных зданий // *Высотные здания*. 2009. № 1. С. 76–81.
4. Крюков А.Р. Архитектурная аппроксимация // *Высотные здания*. 2010. № 3. С. 64–67.
5. Крюков А.Р. Комплексное благоустройство деловых центров // *Высотные здания*. 2016. № 1. С. 72–79.
6. Крюков А.Р. Принципы проектирования интерьеров небоскребов // *Высотные здания*. 2007. № 6. С. 64–69.
7. Иконников А.В. Функция, форма, образ в архитектуре. М.: Стройиздат, 1986. 288 с.
8. Иконников А.В. Художественный язык архитектуры. М.: Искусство, 1985. 175 с.
9. Иконников А.В. Мастера архитектуры об архитектуре. М.: Искусство, 1972. 590 с.
10. Крюков А.Р. Своеобразие архитектурно-художественного облика высотной застройки Москвы // *Высотные здания*. 2007. № 2. С. 74–77.
11. Крюков А.Р. Русский стиль в индустриальной архитектуре. Фантазия на тему // *Высотные здания*. 2009. № 6. С. 68–71.
12. Крюков А.Р. ММДЦ «Москва-Сити»: архитектурный ансамбль нового типа // *Архитектура. Строительство. Дизайн*. 2004. № 4. С. 7–11.
13. Крюков А.Р. «Москва-Сити» – этапы становления // *Высотные здания*. 2007. № 1. С. 56–61.
14. Иконников А.В. Тысяча лет русской архитектуры. Развитие традиций М.: Искусство, 1990. 384 с.
15. Вильковский М.Б. Социология архитектуры. М.: Фонд «Русский авангард», 2010. 592 с.
16. Фёдоров В.В., Коваль И.М. Мифосимволизм архитектуры. М.: Либроком, 2009. 208 с.
17. Ванеян С.С. Архитектура и иконография. «Тело символа» в зеркале классической методологии. М.: Прогресс-Традиция, 2010. 1140 с.
18. Иконников А.В. Архитектура Москвы. XX век. М.: Московский рабочий, 1984. 222 с.
19. Лебедев Ю.С. Инженерно-биологические исследования. В кн.: Архитектурная бионика / Под ред. Ю.С. Лебедева. М.: Стройиздат, 1990. С. 36–42.
20. Крюков А.Р. О пользе небоскребов // *Высотные здания*. 2007. № 4. С. 64–67.
21. Крюков А.Р. Высотная вертикаль // *Высотные здания*. 2008. № 3. С. 64–69.
22. Крюков А.Р. О единстве правил установления объемно-планировочных показателей объектов капитального строительства // *Жилищное строительство*. 2014. № 11. С. 3–6.
7. Ikonnikov A.V. Funktsiya, forma, obraz v arkhitekture [Function, form, image in architecture]. Moscow: Stroyizdat. 1986. 288 p.
8. Ikonnikov A.V. Khudozhestvennyi yazyk arkhitektury [The artistic language of architecture]. Moscow: Iskusstvo. 1985. 175 p.
9. Ikonnikov A.V. Mastera arkhitektury ob arkhitekture [Masters of Architecture about architecture]. Moscow: Iskusstvo. 1972. 590 p.
10. Kryukov A.R. Originality of the architectural and artistic appearance of high-rise buildings in Moscow. *Vysotnye zdaniya*. 2007. No. 2, pp. 74–77. (In Russian).
11. Kryukov A.R. Russian style in industrial architecture. Fantasy on a theme. *Vysotnye zdaniya*. 2009. No. 6, pp. 68–71. (In Russian).
12. Kryukov A.R. MIBC “Moscow-City”: architectural ensemble of a new type. *Architecture, Construction, Design*. 2004. No. 4, pp. 7–11. (In Russian).
13. Kryukov A.R. “Moscow-City” stages of formation. *Vysotnye zdaniya*. 2007. No. 1, pp. 56–61. (In Russian).
14. Ikonnikov A.V. Tysyacha let Russkoi arkhitektury. Razvitie traditsii [A thousand years of Russian architecture. Development of traditions]. Moscow: Iskusstvo. 1990. 384 p.
15. Vil'kovskii M.B. Sotsiologiya arkhitektury [Sociology of architecture]. Moscow: The “Russian Avangard” Foundation. 2010. 592 p.
16. Fedorov V.V., Koval' I.M. Mifosimvolizm arkhitektury [Mythosymbolism of architecture]. Moscow: Librokom. 2009. 208 p.
17. Vaneyan S.S. Arkhitektura i ikonografiya. «Telo simvola» v zerkale klassicheskoi metodologii [Architecture and iconography. “The body of the symbol” in the mirror of classical methodology]. Moscow: Progress-Tradition. 2010. 1140 p.
18. Ikonnikov A.V. Arkhitektura Moskvy. XX vek [Architecture of Moscow. XX century]. Moscow: Moskovsky rabochy. 1984. 222 p.
19. Lebedev Yu.S. Inzhenerno-biologicheskie issledovaniya. V kn. Arkhitekturnaya bionika [Engineering and biological research]. In the book.: Architectural bionics. Ed. by Yu.S. Lebedev. Moscow: Stroyizdat. 1990, pp. 36–42.
20. Kryukov A.R. The Utility of skyscrapers. *Vysotnye zdaniya*. 2007. No. 4, pp. 64–67. (In Russian).
21. Kryukov A.R. High-rise vertikal. *Vysotnye zdaniya*. 2008. No. 3, pp. 64–69. (In Russian).
22. Kryukov A.R. On the unity of the rules for establishing spatial-planning indicators of the capital construction objects. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 11, pp. 3–6. (In Russian).



УДК 699.86

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-39-46>

ЧЖИБО ЧЖОУ<sup>1,2</sup>, канд. техн. наук (zhibo\_zhou@hit.edu.cn);  
Е.В. КОРКИНА<sup>3,4</sup>, канд. техн. наук (elena.v.korkina@gmail.com);  
ЧЭН СУНЬ<sup>1,2</sup>, д-р техн. наук; М.Д. ТЮЛЕНЕВ<sup>4</sup>, аспирант

<sup>1</sup> Харбинский политехнический университет (150001, Китай, Харбин, ул. Сидачжи, 92)

<sup>2</sup> Ключевая лаборатория науки и технологий об окружающей среде городских и сельских населенных пунктов в холодных регионах (Харбинский политехнический университет), Министерство промышленности и информационных технологий (150001, Китай, Харбин, ул. Сидачжи, 92)

<sup>3</sup> Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (127238, Москва, Локомотивный пр., 21)

<sup>4</sup> Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

## Исследование тепlopоступлений и тепlopотерь через низкоэмиссионное остекление в городах Китая

*В настоящее время в строительной отрасли все большее значение приобретают исследования, направленные на энергосбережение. Ряд работ авторов исследует применение остекления с низкоэмиссионными покрытиями, способствующими энергосбережению, в различных климатических условиях России. Однако эти исследования представляется интересным распространить на другие географические широты и более теплый климат. В данной работе рассматривается расчет тепlopоступлений и тепlopотерь через остекление с низкоэмиссионными покрытиями для городов Китая. Представлено условие, при котором замена стеклопакетов на энергосберегающие не приводит к потерям теплоты бóльшим, чем сокращение тепlopоступлений от солнечной радиации. При этом использованы данные о солнечной радиации, поступающей на фасады четырех основных ориентаций в городах Китая за отопительный период и проходящей затем через остекление в помещение, а также рассчитаны трансмиссионные тепlopотери через остекление. Проведено сравнение тепlopоступлений и тепlopотерь и показано, что в рассматриваемых городах Китая тепlopоступления превышают тепlopотери не только для южной ориентации, но и для других ориентаций, следовательно, необходимо проверять условия целесообразности замены для всех ориентаций. Проведен расчет по выполнению представленного условия для четырех основных ориентаций и показано, что для некоторых городов Китая нецелесообразна замена остекления на энергосберегающее с солнцезащитными функциями для одной из ориентаций, а для других ориентаций – целесообразна. В связи с этим в городах Китая предлагается проводить расчет для всех возможных ориентаций фасадов здания, а затем при выполнении совместного условия считать замену целесообразной.*

**Ключевые слова:** энергосбережение, низкоэмиссионное остекление, тепlopотери, тепlopоступления, солнечная радиация.

**Для цитирования:** Чжибо Чжоу, Коркина Е.В., Чэн Сунь, Тюленев М.Д. Исследование тепlopоступлений и тепlopотерь через низкоэмиссионное остекление в городах Китая // *Жилищное строительство*. 2021. № 4. С. 39–46. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-39-46>

ZHIBO ZHOU<sup>1,2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering) (zhibo\_zhou@hit.edu.cn);  
E.V. KORKINA<sup>3,4</sup>, Candidate of Sciences (Engineering) (elena.v.korkina@gmail.com);  
CHENG SUN<sup>1,2</sup>, Doctor of Sciences (Engineering); M.D. TYULENEV<sup>4</sup>, postgraduate

<sup>1</sup> Harbin Institute of Technology (92, Xidazhi Street, Harbin, 150001, China)

<sup>2</sup> Key Laboratory of Cold Region Urban and Rural Human Settlement Environment Science and Technology (Harbin Institute of Technology), Ministry of Industry and Information Technology (92, Xidazhi Street, Harbin, 150001, China)

<sup>3</sup> Research Institute of Building Physics. Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (21, Lokomotivny proezd, Moscow, 127238, Russian Federation)

<sup>4</sup> Moscow State University of Civil Engineering (MGSU) (26, Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation)

### Analysis of Heat Gain and Heat Loss Through Low-E Glazing in Chinese Cities

Currently, research aimed at energy conservation is becoming increasingly important in the construction industry. A number of works of the authors investigate the use of glazing with low-emission coatings that promote energy saving in various climatic conditions of Russia. However, it is interesting to extend these studies to other geographical latitudes and warmer climates. In this paper, the calculation of heat gain and heat loss through glazing with low-emission coatings for Chinese cities is considered. A condition is presented under which the replacement of double-glazed windows with energy-saving ones does not lead to heat losses greater than the reduction in heat gain from solar radiation. At the same time, data on solar radiation entering the facades of the four main orientations in Chinese cities during the heating period and then passing through the glazing into the room were used, and transmission heat losses through the glazing were calculated. A comparison of heat gains and heat losses is made and it is shown that in the cities of China under consideration, heat gains exceed heat losses not only for the

southern orientation, but also for other orientations, therefore, it is necessary to check the conditions for the expediency of replacement for all orientations. The calculation is carried out for the fulfillment of the presented condition of the four main orientations and it is shown that for some cities in China it is impractical to replace the glazing with energy-saving ones with sun protection functions for one of the orientations, and for other orientations it is expedient. In this regard, in Chinese cities, it is proposed to calculate for all possible orientations of the building facades, and then, if the joint condition is met, consider the replacement appropriate.

**Keywords:** energy saving, low-e glass, heat loss, heat gain, solar radiation.

**For citation:** Zhibo Zhou, Korkina E.V., Cheng Sun, Tyulenev M.D. Analysis of heat gain and heat loss through low-e glazing in Chinese cities. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2021. No. 4, pp. 39–46. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-39-46>

В последние десятилетия при строительстве зданий большое внимание уделяется выбору материалов, обеспечивающих наибольшее энергосбережение при заданных климатических условиях [1–4]. Для этого в различных областях строительной науки разрабатываются подходы, основанные на рассмотрении теоретических основ передачи теплоты в здании при изменении определенных параметров [5–7]. При выборе светопрозрачных ограждающих конструкций особое внимание уделяется остеклению с низкоэмиссионными покрытиями [8–10]. Такие стекла имеют низкую излучательную способность, чем и обеспечивают высокие теплозащитные свойства стеклопакетов с их применением [9, 11–13]. Используются также стекла, имеющие покрытия, обладающие сразу двумя свойствами – низкоэмиссионными и солнцезащитными, такие стекла называются мультифункциональными [11]. В данной работе стеклопакеты, содержащие стекла с низкоэмиссионными и/или солнцезащитными покрытиями, называются энергосберегающими.

Применяемые в энергосберегающих стеклопакетах стекла с покрытиями обеспечивают снижение теплопотерь, но могут также снижать теплопоступления в помещение от солнечной радиации [1, 3, 9].

Данный факт должен учитываться на этапе выбора заполнений светопроемов при проектировании зданий. В статье предлагается подход, основанный на сравнении теплопотерь и теплопоступлений в помещении при замене стеклопакетов с обычными стеклами на энергосберегающие.

### Материалы и методы

#### Вывод условия эффективности замены стеклопакета для энергосбережения тепловой энергии

Для последующих выкладок рассмотрим теплопотери  $Q_{tr}$ , МДж/год, через стеклопакет с коэффициентом теплопередачи по центру стеклопакета  $U_o$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C) [1, 2]:

$$Q_{tr} = 0,0864 \cdot \text{ГСОП} \cdot A \cdot U_o, \quad (1)$$

где ГСОП – значение градусо-суток отопительного периода для района строительства, °C сут/год;  $A$  – площадь стеклопакета, примем  $A=1$  м<sup>2</sup>.

При замене стеклопакетов со стеклами без покрытий на стеклопакеты с энергосберегающими

свойствами снижение теплопотерь за отопительный период рассчитывается как разница трансмиссионных теплопотерь через стеклопакет со стеклами без покрытий  $Q_{tr}^{\text{clear}}$  и через стеклопакет со стеклами с энергосберегающими покрытиями  $Q_{tr}^{\text{low-e}}$ :

$$Q_{tr}^{\text{clear}} - Q_{tr}^{\text{low-e}} = 0,0864 \cdot \text{ГСОП} \cdot A \cdot (U_0^{\text{clear}} - U_0^{\text{low-e}}). \quad (2)$$

Для определения теплопоступлений в здание от солнечной радиации необходимо учитывать ее интенсивность, а также характеристики остекления [1, 11, 3]. Согласно [1, 11] теплопоступления через стеклопакет для  $j$ -го фасада без учета влияния переплетов за отопительный период составляют, МДж/год:

$$Q_{irr} = I_j^{\text{ver}} \cdot g \cdot A, \quad (3)$$

где  $A$  – площадь остекления, принимается 1 м<sup>2</sup>;  $I_j^{\text{ver}}$  – суммарная радиация, поступающая на фасад  $j$ -й ориентации за отопительный период, МДж/(год·м<sup>2</sup>);  $g$  – общий коэффициент пропускания солнечной радиации, или солнечный фактор, определяемый как сумма коэффициента прямого пропускания солнечной энергии  $\tau_e$  и коэффициента вторичной теплопередачи внутрь помещения  $q_i$ , отн. ед.:

$$g = \tau_e + q_i. \quad (4)$$

Коэффициент вторичной теплопередачи внутрь помещения обусловлен поглощением стеклом солнечной радиации и последующим излучением ее в помещение. Поэтому коэффициенты  $q_i$  и  $g$  должны учитываться при расчете теплопоступлений в помещение через окна.

При замене стеклопакета со стеклами без покрытий на стеклопакет со стеклами с энергосберегающими покрытиями разница в теплопоступлениях за отопительный период рассчитывается как  $Q_{irr}^{\text{low-e}}$ :

$$Q_{irr}^{\text{clear}} - Q_{irr}^{\text{low-e}} = A \cdot I_j^{\text{ver}} \cdot (g^{\text{clear}} - g^{\text{low-e}}). \quad (5)$$

Для оценки выгоды при замене стеклопакетов разница в теплопотерях должна превышать разницу в теплопоступлениях, так как стеклопакет со стеклами с покрытием должен обеспечивать повышенную теплозащиту, но минимально снижать поступление солнечной радиации. Тогда с учетом формул (2) и (5) запишем неравенство:

$$0,0864 \cdot \text{ГСОП} \cdot A \cdot (U_0^{\text{clear}} - U_0^{\text{low-e}}) > A \cdot I_j^{\text{ver}} \cdot (g^{\text{clear}} - g^{\text{low-e}}). \quad (6)$$

Данное неравенство преобразуется к виду, когда в левой части стоят характеристики климата, а в правой – характеристики стеклопакета:

$$\frac{I_j^{\text{ver}}}{0,0864 \cdot \text{ГСОП}} < \frac{(U_0^{\text{clear}} - U_0^{\text{low-e}})}{(g^{\text{clear}} - g^{\text{low-e}})} \quad (7)$$

Как видно, размерности правой и левой частей неравенства совпадают при переводе [МДж/сут] в [Вт] и имеют следующее значение:

$$\left[ \frac{\text{МДж} \cdot \text{год}}{\text{год} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}} \right] = \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,0864} \right].$$

Введем характеристику стеклопакета  $Gl$ , влияющего через свои физические параметры на потребление энергии зданием.  $Gl$  – показатель соотношения теплопотерь и теплопоступлений через стеклопакет:

$$Gl = \frac{(U_0^{\text{clear}} - U_0^{\text{low-e}})}{(g^{\text{clear}} - g^{\text{low-e}})}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \quad (8)$$

Таким образом, каждый стеклопакет имеет фиксированный показатель  $Gl$ , который можно использовать для определения целесообразности применения стеклопакета в данном климате. Чем выше данная характеристика, тем лучше стеклопакет удерживает тепло и пропускает солнечную радиацию, требующуюся для обогрева помещения.

Введем также характеристику климата для оценки светопрозрачной конструкции как отношение поступающей на конструкцию солнечной радиации к ГСОП:

$$Cl_j = \frac{I_j^{\text{ver}}}{0,0864 \cdot \text{ГСОП}} \quad (9)$$

Таким образом, условие эффективности замены стеклопакета для энергосбережения тепловой энергии имеет вид:

$$Cl_j < Gl \quad (10)$$

#### Расчет солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность фасада, по экспериментальным данным

Измерения поступающей на горизонтальную поверхность прямой и рассеянной солнечной радиации проведены по часам истинного солнечного времени на метеорологических станциях следующих городов Китая: Харбин, Пекин, Чанчунь, Шэньян, Тайюань, Тяньцзинь, Шицзячжуан, Сиань, Цзинань.

По имеющимся экспериментальным данным проведены расчеты солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность фасадов здания. Солнечная радиация, поступающая на вертикальную поверхность  $j$ -й ориентации за отопительный период, рассчитывается по формуле [14]:

$$I_j^{\text{ver}} = S_j^{\text{ver}} + D^{\text{ver}} + R^{\text{ver}}, \quad (11)$$

где  $S_j^{\text{ver}}$  – прямая солнечная радиация, поступающая на вертикальный фасад  $j$ -й ориентации за отопительный период, МДж/м<sup>2</sup>;  $D^{\text{ver}}$  – рассеянная солнечная радиация, поступающая на фасад любой ориентации за отопительный период, МДж/м<sup>2</sup>;  $R^{\text{ver}}$  – отраженная солнечная радиация, поступающая на фасад любой ориентации за отопительный период, МДж/м<sup>2</sup>.

Прямая солнечная радиация, поступающая на вертикальную поверхность  $j$ -й ориентации за отопительный период, рассчитывается по формуле:

$$S_j^{\text{ver}} = \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^{d_n} \sum_{t_0} S_{n,d}^{\text{hor}}(t_0) \cdot K_{j,n,d}(t_0), \quad (12)$$

где  $S_{n,d}^{\text{hor}}(t_0)$  – прямая солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, по данным измерений, в течение одного часа по истинному солнечному времени  $t_0$  в  $d$ -й день  $n$ -го месяца отопительного периода, МДж/м<sup>2</sup>;  $K_{j,n,d}(t_0)$  – коэффициент пересчета прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную  $j$ -й ориентации, рассчитываемый по астрономическим формулам для середины часового интервала каждого часа по истинному солнечному времени  $t_0$  в  $d$ -й день  $n$ -го месяца отопительного периода;  $N$  – количество месяцев отопительного периода;  $d_n$  – количество дней в месяце;  $t_0$  – истинное солнечное время облучения, ч.

Расчет коэффициента пересчета  $K_{j,n,d}(t_0)$  рассматривается в работе авторов [15]. Расчет основан на векторном рассмотрении падения прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную и вертикальную поверхность, и проводится по формуле:

$$K_{j,n,d}(t_0) = \frac{\cos(\psi_{\text{sun}}(t_0) - \psi_f)}{\text{tg}(h_{\text{sun}}(t_0))}, \quad (13)$$

где  $\psi_f$  – азимут проекции нормали к поверхности фасада, град;  $\psi_{\text{sun}}$  – азимут Солнца;  $h_{\text{sun}}$  – угловая высота Солнца, град.

В данной работе рассматривается поступление теплоты в помещения зданий, поэтому следует учитывать лишь радиацию с достаточной интенсивностью. Для этого при расчете коэффициентов  $K_{j,n,d}(t_0)$  наложено условие в вертикальной плоскости на угловую высоту Солнца, большую 5°, а в горизонтальной плоскости – на угол падения солнечных лучей, который должен быть больше 15°, отсчитывая от плоскости окна. Последнее условие учитывает как достаточную интенсивность падающей радиации, так и возможное затенение ее оконными откосами.

Предполагается изотропность распределения рассеянной солнечной радиации. Расчет рассеянной солнечной радиации, поступающей на вертикальный фасад любой ориентации за отопительный период, проводится по формуле [14]:

$$D^{\text{ver}} = \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^{d_n} \sum_{t_0} D_{n,d}^{\text{hor}}(t_0)/2, \quad (14)$$

где  $D_{n,d}^{\text{hor}}(t_{\odot})$  – рассеянная солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, по данным измерений, в течение одного часа по истинному солнечному времени  $t_{\odot}$  в  $d$ -й день  $n$ -го месяца отопительного периода, МДж/м<sup>2</sup>.

Также предполагается изотропность распределения отраженной от горизонтальной поверхности солнечной радиации. Расчет отраженной солнечной радиации, поступающей на вертикальный фасад любой ориентации за отопительный период, проводится по формуле:

$$R^{\text{ver}} = \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^{d_n} \sum_{t_{\odot}} I_{n,d}^{\text{hor}}(t_{\odot}) \cdot A_k / 2, \quad (15)$$

где  $I_{n,d}^{\text{hor}}(t_{\odot})$  – суммарная (прямая плюс рассеянная) солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность; по данным измерений, в течение одного часа по истинному солнечному времени  $t_{\odot}$  в  $d$ -й день  $n$ -го месяца отопительного периода, МДж/м<sup>2</sup>;  $A_k$  – коэффициент отражения горизонтальной поверхности, на которой расположено здание; принят для асфальтированной поверхности равным 0,3 [14].

#### Расчет теплопоступлений и теплопотерь через энергосберегающие стеклопакеты для различных климатических зон

Рассмотрим целесообразность замены стеклопакетов на энергосберегающие в городах Китая с различными характеристиками климата, используя неравенства (7) и (10).

В III столбце табл. 1 приведены данные по ГСОП для каждого из рассматриваемых городов, рассчитанные при температуре наружного воздуха, меньшей 5°C, и внутреннего 18°C. В столбцах IV–VII табл. 1 приведено значение суммарной солнечной радиации за отопительный период на вертикальную поверхность южной, западной, северной и восточной ориентации,  $I_S^{\text{ver}}$ ,  $I_W^{\text{ver}}$ ,  $I_N^{\text{ver}}$ ,  $I_E^{\text{ver}}$  соответственно, со-

гласно формуле (11). В столбцах VIII–XI табл. 1 приведены параметры  $Cl_S$ ,  $Cl_W$ ,  $Cl_N$ ,  $Cl_E$ , рассчитанные для четырех ориентаций для каждого города.

Для сравнительного анализа рассмотрим характеристики стеклопакетов, представленные в табл. 2. Данные расчетов показателя  $Gl$  в соответствии с выражением (8) приведены в столбце V табл. 2. Для двойного остекления с энергосберегающими покрытиями (№ 2–5) показатель  $Gl$  вычислен относительно двойного остекления без энергосберегающих покрытий (№ 1), поэтому ячейка показателя в первой строке не заполнена. Аналогично для тройного остекления: расчет проведен относительно остекления № 6 без энергосберегающих покрытий.

Анализируя характеристики стеклопакетов, можно сказать, что стеклопакеты № 2, 4, 10 имеют высокое значение характеристики  $Gl$ , значит, они обеспечат наилучшее энергосбережение из рассмотренных вариантов климата.

#### Результаты сравнения энергосберегающего эффекта при замене стеклопакетов для различных городов Китая

На рис. 1–3 приведены результаты расчета для Харбина, Пекина и Тайюаня трансмиссионных теплопотерь через остекление по формуле (1) и теплопоступлений через остекление по формуле (3) по четырем основным ориентациям через  $A=1$  м<sup>2</sup> остекления. Аналогичные расчеты были проведены для всех городов из табл. 1.

Из рисунков видно, что теплопотери через остекление для Пекина и Тайюаня сопоставимы с теплопоступлениями через остекление не только для южной ориентации, но и для других ориентаций. Это существенное отличие от подобных исследований для России, где теплопотери сопоставимы с теплопоступлениями в основном только для южной ориентации.

Таблица 1  
Table 1

Интенсивность солнечной радиации и показатель климата для четырех ориентаций в различных городах Китая  
Solar radiation intensity and climate indicator for four orientations in different cities in China

Город	°с.ш.	ГСОП, °С сут / год	$I_S^{\text{ver}}$ , МДж / (год·м <sup>2</sup> )	$I_W^{\text{ver}}$ , МДж / (год·м <sup>2</sup> )	$I_N^{\text{ver}}$ , МДж / (год·м <sup>2</sup> )	$I_E^{\text{ver}}$ , МДж / (год·м <sup>2</sup> )	$Cl_S$ , Вт / (м <sup>2</sup> ·°С)	$Cl_W$ , Вт / (м <sup>2</sup> ·°С)	$Cl_N$ , Вт / (м <sup>2</sup> ·°С)	$Cl_E$ , Вт / (м <sup>2</sup> ·°С)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Харбин	46	4508	2253	696	466	1578	5,8	1,8	1,2	4,1
Чанчунь	44	4163	2909	695	424	1822	8,1	1,9	1,2	5,1
Шэньян	42	3452	2470	622	357	1427	8,3	2,1	1,2	4,8
Тайюань	39	2589	2908	1093	451	1409	13	4,9	2	6,3
Пекин	34	2281	1388	483	245	734	7	2,4	1,2	3,7
Тяньцзинь	38	1845	2559	933	391	1225	16,1	5,9	2,5	7,7
Шицзячжуан	38	1774	1746	716	317	807	11,4	4,7	2,1	5,3
Сиань	34	1644	1207	558	265	535	8,5	3,9	1,9	3,8
Цзинань	37	1555	1412	507	286	728	10,5	3,8	2,1	5,4

Таблица 2  
Table 2

Характеристики остекления  
Glazing Characteristics

№ п/п	Остекление	$g$ , отн. ед.	$U_0, \frac{\text{Вт}}{(\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{C})}$	$Gl, \frac{\text{Вт}}{(\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{C})}$
1	II	III	IV	V
1	Двойное, без покрытий, аргон	0,76	2,6	–
2	Двойное, к-стекло, аргон	0,73	1,5	36,7
3	Двойное, low-e, аргон	0,64	1,1	12,5
4		0,74	1,3	65
5	Двойное, low-e, аргон	0,63	1,2	10,8
6	Тройное, без покрытий, аргон	0,68	1,7	–
7	Тройное, к-стекло, аргон	0,58	0,8	9
8	Тройное, low-e, аргон	0,59	0,86	9,3
9	Тройное, low-e, аргон	0,5	0,6	6,1
10		0,63	0,7	20
11	Двойное, low-e, солнцезащ., аргон	0,42	1	2,7
12	Двойное, к-стекло, солнцезащ., аргон	0,55	1,6	0,8

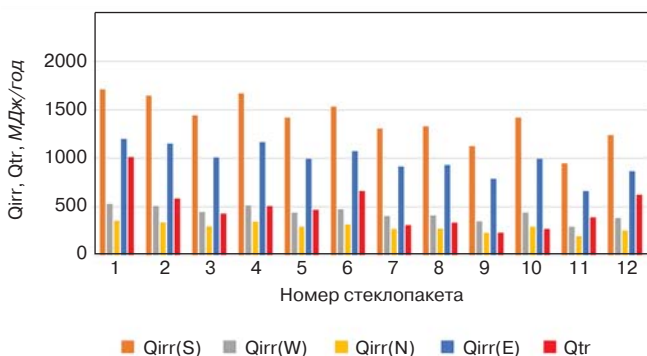


Рис. 1. Теплотери и теплопоступления через 1 м² стеклопакета в Харбине  
Fig. 1. Heat loss and heat gain through 1 m² of double-glazed windows in Harbin

Для наглядности неравенство (7, 10) решается графически (рис. 4–7). Горизонтальные линии соответствуют значениям  $Cl$  из табл. 1, столбцы соответствуют значениям коэффициента  $Gl$  по табл. 2.

При последовательном сравнении данных для южной ориентации (рис. 4) видно, что для всех рассматриваемых городов неэффективна установка остекления № 11 и 12. Остекление № 9 невыгодно устанавливать во всех городах, кроме Харбина, где его установка является маловыгодной.

Для западной ориентации фасада (рис. 5) для всех рассматриваемых городов неэффективна установка остекления № 12, а остекления № 11 – в Тяньцзине, Тайюане, Шицзячжуане, Сиане, Цзинане, в других городах она является маловыгодной. Мало выгодна установка остекления № 9 в Тяньцзине, Тайюане, Шицзячжуане.

При северной ориентации фасада (рис. 6) для всех рассматриваемых городов неэффективно устанавливать остекление № 12. В городах Тяньцзинь, Цзинань, Шицзячжуань, Тайюань, Сиань маловыгодно устанавливать стеклопакет № 11.

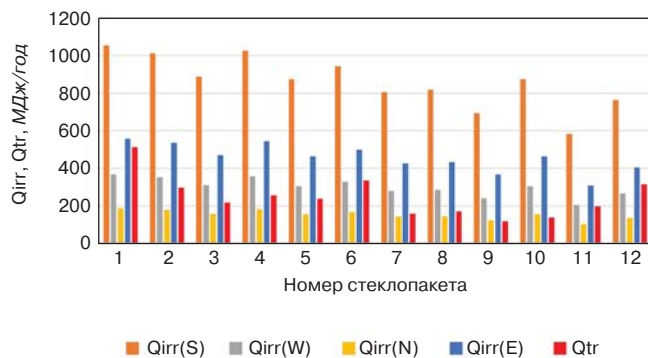


Рис. 2. Теплотери и теплопоступления через 1 м² стеклопакета в Пекине  
Fig. 2. Heat loss and heat gain through 1 m² of double-glazed windows in Beijing

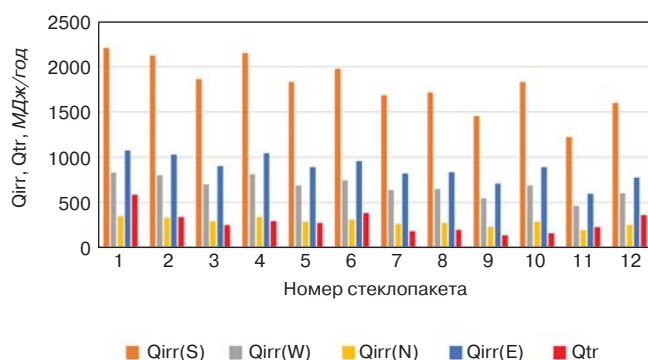
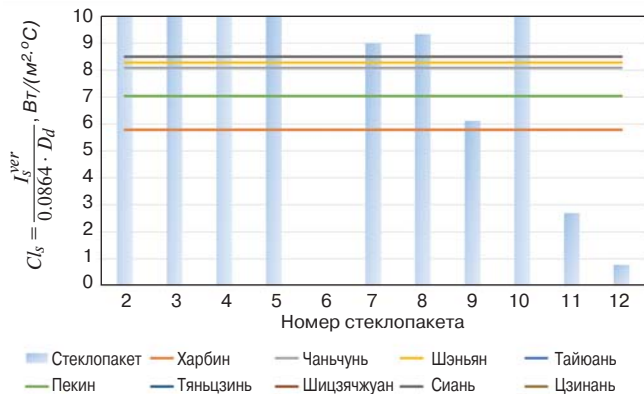
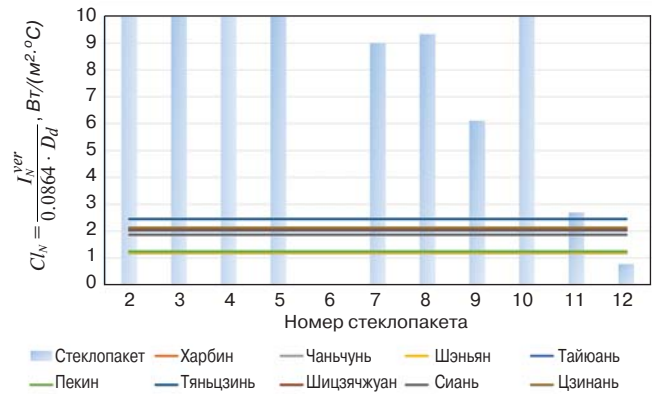


Рис. 3. Теплотери и теплопоступления через 1 м² стеклопакета в Тайюане  
Fig. 3. Heat loss and heat gain through 1 m² of double-glazed windows in Taiyuan

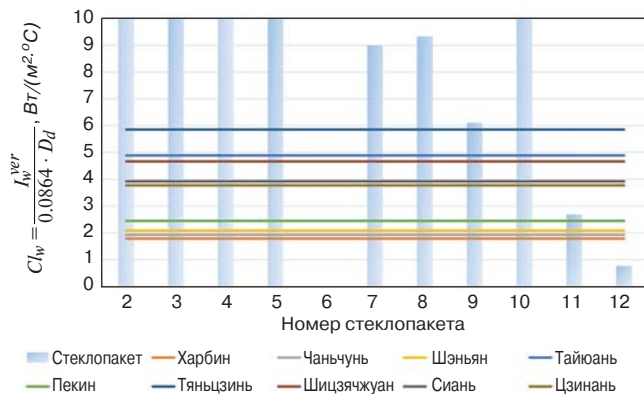
При восточной ориентации фасада (рис. 7) для всех рассматриваемых городов неэффективно устанавливать остекление № 11 и 12. Остекление № 9 неэффективно устанавливать в Тайюане и Тяньцзине, маловыгодна его установка в Цзинане, Шицзячжуане, Чанчуне.



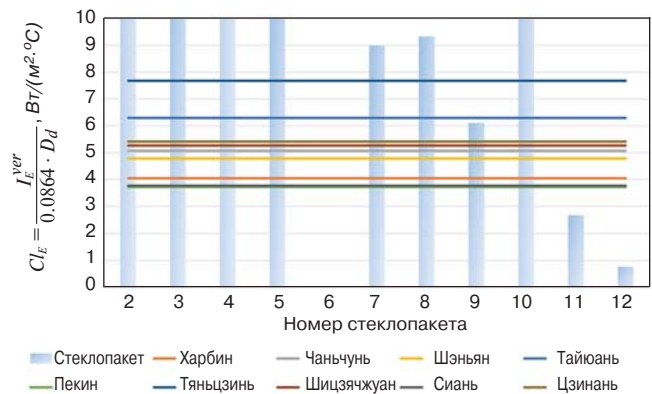
**Рис. 4.** Показатель теплопоступлений и теплопотерь ряда стеклопакетов для различных городов при южной ориентации фасада  
**Fig. 4.** The indicator of heat gain and heat loss of a number of double-glazed windows for different cities with the southern orientation of the facade



**Рис. 6.** Показатель теплопоступлений и теплопотерь ряда стеклопакетов для различных городов при северной ориентации фасада  
**Fig. 6.** Heat gain and heat loss of a number of double-glazed windows for different cities with the northern orientation of the facade



**Рис. 5.** Показатель теплопоступлений и теплопотерь ряда стеклопакетов для различных городов при западной ориентации фасада  
**Fig. 5.** Heat gain and heat loss of a number of double-glazed windows for different cities with the western orientation of the facade



**Рис. 7.** Показатель теплопоступлений и теплопотерь ряда стеклопакетов для различных городов при восточной ориентации фасада  
**Fig. 7.** Heat gain and heat loss of a number of double-glazed windows for different cities with the eastern orientation of the facade

Можно заметить, что двойное остекление с низкоэмиссионными покрытиями (№№ 2–5) выгодно устанавливать во всех городах Китая, установка тройного остекления № 9 является маловыгодной, либо невыгодной для большинства рассматриваемых городов. Установка солнцезащитного остекления № 11 и 12 для городов Китая является в целом невыгодной.

Из представленных результатов, видно, что для некоторых городов Китая нецелесообразна замена остекления на энергосберегающие для одной из ориентаций, а для других ориентаций – целесообразна. Тогда можно заключить, что для городов Китая следует подбирать остекление, основываясь на одновременном выполнении условия (10) для всех ориентаций фасадов здания в заданном климате.

### Выводы

Таким образом, предложено условие для оценки эффективности замены остекления на энергосберегающее при расчете теплопоступлений и теплопотерь через него с учетом характеристик климата. Данное

условие применено к оценке эффективности замены остекления на энергосберегающее для городов Китая с различным климатом. Для проведения расчетов по предложенному условию проведены вычисления теплопоступлений через остекление для четырех основных ориентаций и теплопотерь через остекление, а также подобраны стеклопакеты с различными значениями коэффициента общего пропускания солнечной радиации и коэффициента теплопередачи по центру.

Показано, что в некоторых городах Китая замена остекления на тройное с низкоэмиссионными покрытиями и двойное с multifunctional покрытиями неэффективна, так как оно значительно ограничивает теплопоступления в данном климате. Также показано, что эффективность применения остекления в городах Китая необходимо проверять при одновременном выполнении предложенного условия для всех ориентаций фасада здания. Рассмотренный подход может быть использован для подбора стеклопакетов при их замене с целью энергосбережения.

## Список литературы

1. Korkina E.V., Shmarov I.A., Tyulenev M.D. Effectiveness of energy-saving glazing in various climatic zones of Russia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, Vol. 869 (7), 072010. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/7/072010>
2. Чжао Цзиньлин, Ли Цзе, Люй Ляньи. Влияние региональных различий на проектирование здания в холодной зоне в КНР // *Жилищное строительство*. 2016. № 7. С. 38–42.
3. Cheng Sun, Qianqian Liu and Yunsong Han. Many-Objective Optimization Design of a Public Building for Energy, Daylighting and Cost Performance Improvement. *Appl. Sci.* 2020. Vol. 10 (7), 2435. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10072435>
4. Ying Zi, Cheng Sun, Yunsong Han. Sky type classification in Harbin during winter // *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2020. Vol. 19 (5), pp. 515–526. DOI: <https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1752217>
5. Савин В.К., Рыбкин В.К. Энергоэффективная конструкция оконного блока с проветривателем // *Жилищное строительство*. 2016. № 1–2. С. 15–18.
6. Gagarin V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Graphical method for determination of maximum wetting plane position in enclosing structures of buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 753. 022046. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/2/022046>
7. Zubarev K.P., Gagarin V.G. Determining the coefficient of mineral wool vapor permeability in vertical position. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021. Vol. 1259, pp. 593–600. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57453-6\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57453-6_56)
8. Zemtsov V., Korkina, E., Zemtsov V. Relative brightness of facades in the L-shaped urban buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020, Vol. 896, 012027. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/896/1/012027>
9. Yunsong Han, Hong Yu, Cheng Sun. Simulation-Based Multiobjective Optimization of Timber-Glass Residential Buildings in Severe Cold Regions // *Sustainability*. 2017. Vol. 9 (12), 2353; DOI: <https://doi.org/10.3390/su9122353>
10. Nguyen P.T.K., Solovyov A.K., Pham T.H.H., Dong K.H. Confirmed Method for Definition of Daylight Climate for Tropical Hanoi // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020, Vol. 982, pp. 35–47. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8_4)
11. Коркина Е.В. Критерий эффективности замены стеклопакетов в здании с целью энергосбережения // *Жилищное строительство*. 2018. № 6.

## References

1. Korkina E.V., Shmarov I.A., Tyulenev M.D. Effectiveness of energy-saving glazing in various climatic zones of Russia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, Vol. 869 (7), 072010. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/7/072010>
2. Zhao Jinling, Li Jie, Lv Lianyi. The impact of regional differences on the building designs of the cold climate in China. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 7, pp. 38–42. (In Russian).
3. Cheng Sun, Qianqian Liu and Yunsong Han. Many-Objective Optimization Design of a Public Building for Energy, Daylighting and Cost Performance Improvement. *Appl. Sci.* 2020. Vol. 10 (7), 2435. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10072435>
4. Ying Zi, Cheng Sun, Yunsong Han. Sky type classification in Harbin during winter. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2020. Vol. 19 (5), pp. 515–526. DOI: <https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1752217>
5. Savin V.K., Rybkin V.K. Energy efficient design of the window unit with the ventilator. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 1–2, pp. 15–18. (In Russian).
6. Gagarin V.G., Akhmetov V.K., Zubarev K.P. Graphical method for determination of maximum wetting plane position in enclosing structures of buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 753. 022046. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/2/022046>
7. Zubarev K.P., Gagarin V.G. Determining the coefficient of mineral wool vapor permeability in vertical position. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021. Vol. 1259, pp. 593–600. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57453-6\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57453-6_56)
8. Zemtsov V., Korkina, E., Zemtsov V. Relative brightness of facades in the L-shaped urban buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020, Vol. 896, 012027. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/896/1/012027>
9. Yunsong Han, Hong Yu, Cheng Sun. Simulation-Based Multiobjective Optimization of Timber-Glass Residential Buildings in Severe Cold Regions. *Sustainability*. 2017. Vol. 9 (12), 2353; DOI: <https://doi.org/10.3390/su9122353>
10. Nguyen P.T.K., Solovyov A.K., Pham T.H.H., Dong K.H. Confirmed Method for Definition of Daylight Climate for Tropical Hanoi. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020, Vol. 982. pp. 35–47. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8_4)
11. Korkina E.V. Criterion of efficiency of glass units replacing in the building with the purpose of energy saving. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction].

- С. 6–9. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2018-6-6-9>
12. Коркина Е.В., Шмаров И.А. Сравнительный расчет теплоступлений и теплотерь при замене стеклопакетов в здании с целью энергосбережения // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2018. № 6 (1006). С. 52–53.
13. Соловьёв А.К., Сунь Ифэн. Влияние характеристик светопроема на энергопотребление офисного здания в климатической зоне с жарким летом и холодной зимой в Китае // *Вестник МГСУ*. 2012. № 9. С. 31–38.
14. Коркина Е.В., Горбаренко Е.В., Пастушков П.П., Тюленев М.Д. Исследование температуры нагрева поверхности фасада от солнечной радиации при различных условиях облучения // *Жилищное строительство*. 2020. № 7. С. 19–25. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-7-19-25>
15. Коркина Е.В., Войтович Е.В., Тюленев М.Д. Расчет поступающей прямой солнечной радиации по часам светового дня. *Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: Сборник докладов VIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной столетию МИСИ–МГСУ*. Москва, 2020. С. 41–46.
2018. No. 6, pp. 6–9. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2018-6-6-9>
12. Korkina E.V., Shmarov I.A. Comparative calculation of heat losses and heat losses during replacement of double-glazed windows in the building for the purpose of energy saving. *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki*. 2018. No. 6 (1006), pp. 52–53. (In Russian).
13. Solovev A.K., Sun Yifen. Influence of fenestration properties onto the energy consumption rate of an office building in the hot summer/cold winter climatic zone in china. *Vestnik MGSU*. 2012. No. 9. pp. 31–38. (In Russian).
14. Korkina E.V., Gorbarenko E.V., Pastushkov P.P., Tyulenev M.D. Investigation of the heating temperature of the facade surface from solar radiation under various irradiation conditions. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2020. No. 7. pp. 19–25. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-7-19-25>
15. Korkina E.V., Voitovich E.V., Tyulenev M.D. Calculation of incoming direct solar radiation by daylight hours. *Theoretical foundations of heat and gas supply and ventilation. Collection of reports of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference dedicated to the Centenary of NRU–MSUCE*. Moscow. 2020. pp. 41–46. (In Russian).

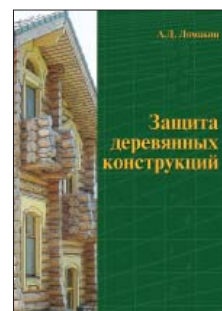
## СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

## В издательстве «Стройматериалы» вы можете приобрести специальную литературу

### Монография «Защита деревянных конструкций»

Автор – Ломакин А.Д.

Рассмотрены вопросы конструкционной и химической защиты деревянных конструкций, используемых в малоэтажном домостроении, при строительстве зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения, в том числе, с химически агрессивной средой, а также открытых сооружений (автодорожных и пешеходных мостов, опор ЛЭП и др.). Освещены вопросы защиты от эксплуатационных воздействий и возгорания несущих конструкций из клееной древесины и ЛВЛ и приведено краткое описание наиболее эффективных средств и способов их защиты. Описаны методы оценки защитных свойств покрытий для древесины, методика и результаты натурных климатических испытаний покрытий на образцах и фрагментах конструкций. Приведены методика и результаты мониторинга влажностного состояния несущих клееных деревянных конструкций в процессе эксплуатации.



### Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

Автор – заслуженный деятель науки России, д-р техн. наук Ковальчук Л.М.

В книге рассмотрены основные вопросы технологии изготовления ДКК, показаны области их применения, описаны материалы для их изготовления. Особое внимание уделено вопросам оценки качества, методам испытаний, приемке и сертификации клееных конструкций. В книге приведен полный перечень отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих производство и применение ДКК.

**Заявки направляйте в редакцию по e-mail: [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru),  
по тел.: (499) 976-22-08, 976-20-36  
Оформляйте заказ на сайте [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)**



УДК 621.783.2

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-47-51>

В.В. ШЕВЯКОВ, канд. техн. наук (shevvladimir@gmail.com)

## Построение эпюр давлений и схемы замещения бытовой печи

*При конструировании и построении бытовой печи необходимо провести расчет газодинамики печи с учетом внутренних самотяг печи и провести реальные замеры по распределению давлений в печной системе, что позволит определить зоны в печи, наиболее склонные к созданию дымления, и определить запасы надежности печи. Построение электрической эквивалентной схемы замещения позволило упростить расчет и составить общую картину эпюр давлений в трубе и в печи. В работе приведен конкретный пример расчета распределения давлений в бытовой печи и сравнение с практическими замерами в расчетных точках.*

**Ключевые слова:** бытовые печи, тяга трубы и самотяга печи, распределение давлений в печной системе.

**Для цитирования:** Шевяков В.В. Построение эпюр давлений и схемы замещения бытовой печи // *Жилищное строительство*. 2021. № 4. С. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-47-51>

V.V. SHEVIAKOV, Candidate of Sciences (Engineering) (shevvladimir@gmail.com)

### Plotting Pressure Diagrams and Substitution Schemes for a Household Oven

When designing and constructing a household oven, it is necessary to calculate the gas dynamics of the oven, taking into account the internal stack effect of the furnace, and to make real measurements on the pressure distribution in the furnace system, which will determine the zones in the oven that are most prone to creating smoke and determine the reliability reserves of the furnace. The construction of an electrical equivalent replacement scheme made it possible to simplify the calculation and make an overall picture of the pressure diagrams in the pipe and in the oven. The paper provides a concrete example of calculating the pressure distribution in a household oven and a comparison with practical measurements at the design points.

**Keywords:** household ovens, pipe thrust and furnace stack effect, pressure distribution in furnace system.

**For citation:** Sheviakov V.V. Plotting pressure diagrams and substitution schemes for a household oven. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2021. No. 4, pp. 47–51. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-4-47-51>

В любом нагретом вертикальном канале по отношению к температуре наружного воздуха возникает явление, которое традиционно называли тяга для печной трубы и самотяга для участков печи [1]. В [2] описаны различные случаи возникновения тяги в печной трубе и самотяги в каналах бытовой печи, которые заставляют двигаться газы в печи. Предложена схема замещения, позволяющая упростить расчет давлений в каналах печи. Эпюры давлений и разрежений в трубе и во всей печной системе строятся по отношению к атмосферному давлению, принятому за ноль [2].

В [3] приведен расчет газодинамических сопротивлений печи ПДКШ-2,0 и приведены эпюры распределения давления в печи. Однако приведенная эквивалентная схема печной системы и эпюры давлений представлены в общем виде. Это не позволяет проанализировать распределение давления и разрежения во всех точках печи и не позволяет получить точную картину всех перепадов давления в печи.

Поэтому целью работы является расчет величин самотяг в каналах печи ПДКШ-2,0 и реальные замеры их в статике и динамике дифференциальным манометром Прома 0,25.

Отдельные участки печи следует рассматривать как активные и пассивные. Активные – это вертикальные участки (каналы), в которых при нагреве возникает самотяга; на пассивных участках падает давление при движении по ним горячих газов.

На рис. 1 показана в разрезе печь ПДКШ-2,0, в которой стрелками показано движение газов, а номерами обозначены участки печи, которые необходимо учитывать при расчете газодинамики всей печной системы.

Входной воздух через поддувальную дверку поступает в зольную камеру 1 и через узкую щель 2 попадает в топливник к закладке дров 3. Горячие газы из топливника поступают в опускной канал 5, огибают зольную камеру 1 и поднимаются по подъемному каналу 9 через поворотную задвижку 10 и верхнюю задвижку 11 к выходу в трубу 12 (<http://www.pechkaru.ru/>) [4–13].

Печь ПДКШ-2,0 изготовлена и испытана автором. Эта печь – классическая противоточка. В нее установлен специально разработанный комбинированный топливник без колосниковой решетки (рис. 2).

Конструктивные особенности комбинированного топливника описаны (Шевяков В.В. Комбинированный топливник без колосниковой решетки // *Вестник*

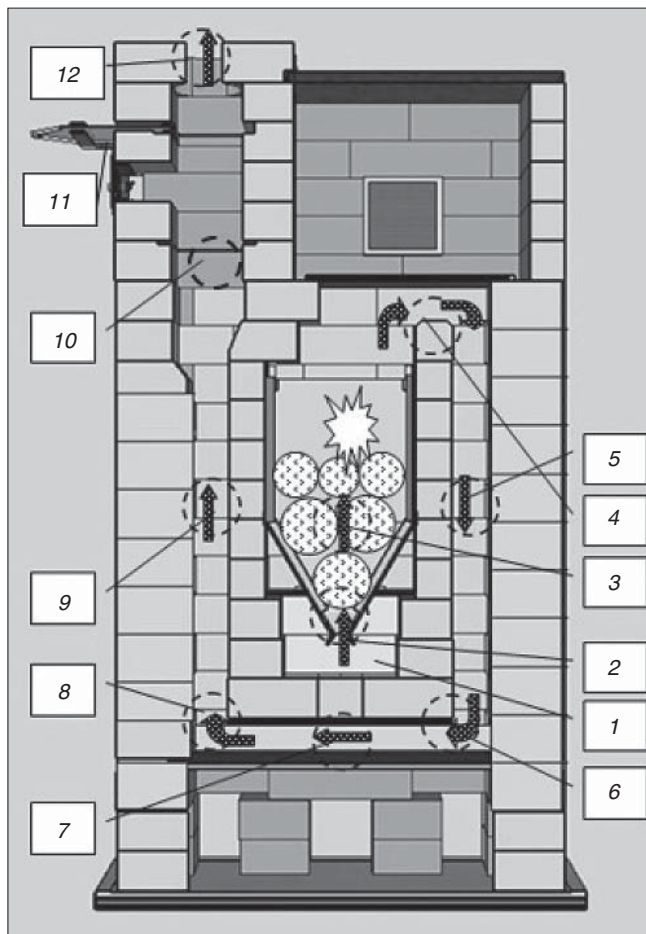


Рис. 1. Печь ПДКШ 2,0. Движение газов  
Fig. 1. Furnace MPKSH 2.0. Movement of gases

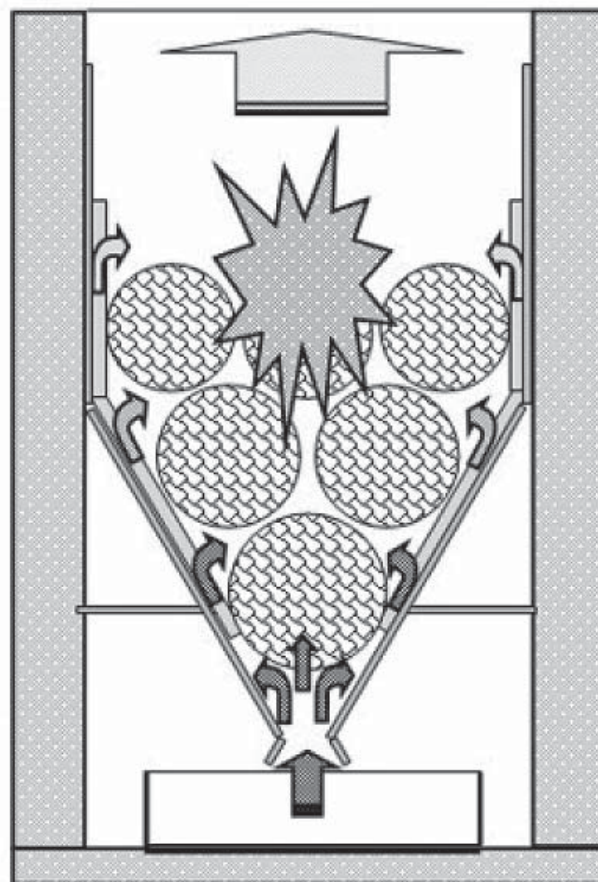


Рис. 2. Комбинированный топливник без колосниковой решетки  
Fig. 2. Combined firebox without fire grate

МГСУ. 2018. № 1). Применение такого топливника увеличивает время горения дров почти в два раза по сравнению с топливником с колосниковой решеткой. Однако из-за своих конструктивных особенностей газодинамическое сопротивление топки и ее величина самотяги изменились. Снизились и температуры в каналах печи. Поэтому определение и уточнение этих величин являются также целью исследования.

На рис. 3 показана эквивалентная схема печной системы, где  $R_{вх}$ ,  $R_{дв}$ ,  $R_{зол}$ ,  $R_{топ}$ ,  $R_{зак}$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$ ,  $R_8$ ,  $R_9$ ,  $R_{10}$ ,  $R_{задв}$ ,  $R_{тр}$ ,  $R_{вых}$  (гОм) – газодинамические сопротивления участков печи (входа, поддувальной дверки, топки, закладки, участков печи, верхней задвижки, трубы и выхода из трубы);  $S_{топ}$ ,  $S_{оп}$ ,  $S_{под}$ ,  $S_{тр}$  (Па) – самотяги участков печи (топки, опускного и подъемного каналов) и тяга трубы.

Газодинамические сопротивления участков печи (гОм) определяются по выражению:

$$R = \zeta R_t = \zeta \cdot R_o \cdot K_t,$$

где  $\zeta$  – коэффициент местного сопротивления;  $R_o$  (гОм) – газодинамическое сопротивление участка печи в холодном состоянии;  $K_t$  – коэффициент температуры участка печи.

Величина самотяг в каналах печи и величина тяги в трубе определяются по выражению (1) из [2]:

$$S = C \cdot p_o \cdot h_{тр} \left( \frac{1}{T_b} - \frac{1}{T_r} \right), \quad (1)$$

где  $S$  – теоретическая тяга дымовой трубы или самотяга в каналах печи при закрытой задвижке без учета падения давления на газодинамическом сопротивлении данного участка (Па);  $p_o$  – атмосферное давление, равное 100000 (Па);  $h_{тр}$  – высота дымовой трубы или вертикального канала печи (м);  $C=0,0342$  (для воздуха), поскольку состав дымовых газов в трубе бытовой печи не сильно отличается по составу от воздуха, то вместо плотности дымовых газов можно взять плотность воздуха при соответствующей температуре в трубе. Ошибка при этом будет ничтожной [11];  $T_b$  – температура наружного воздуха (К);  $T_r$  – средняя температура газов в дымовой трубе (К).

Как видно из выражения (1), тяга трубы и самотяги каналов печи зависят от высоты канала, от величины атмосферного давления и от разницы температуры газа в трубе и наружного воздуха. Точность этой формулы исследована и подтверждена в работе [12].

На рис. 4 показана печь ПДКШ-2,0 с вертикальными активными участками 3, 5, 9, где образуются самотяги.

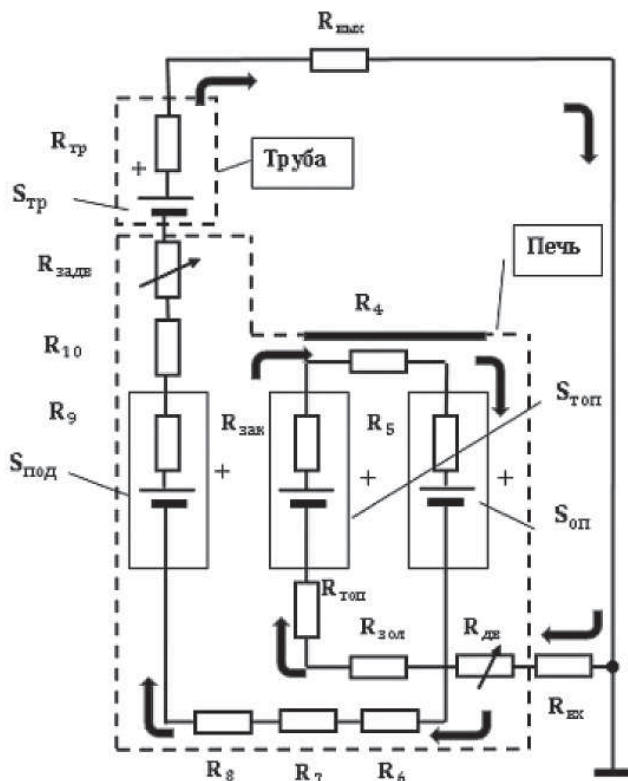


Рис. 3. Эквивалентная схема печной системы  
Fig. 3. Equivalent scheme of the furnace system

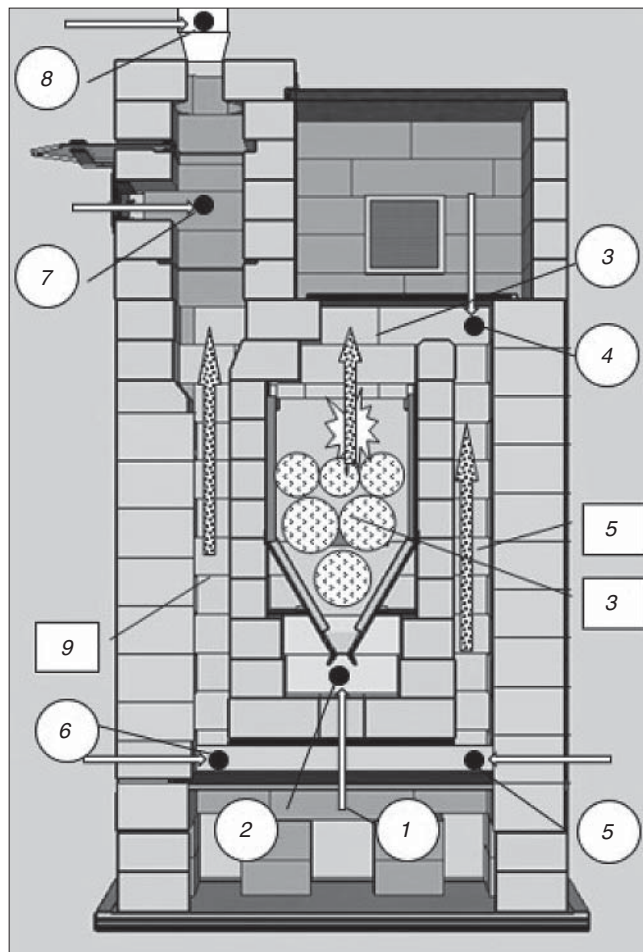


Рис. 4. Самотяги в печи ПДКШ-2,0  
Fig. 4. Stack effects in the MPKSH 2.0 furnace

Таблица 1  
Table 1

**Расчет самотяг печи**  
**Calculation of stack effects of the furnace**

Номер канала	Расчет			
	Самотяга канала, Па	Расстояние между точками замеров, м	$\sim T_{\text{кан}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	Самотяга, Па
3 (топка)	$S_{\text{топ}}$	0,4	800	+3,7
5 (опускной)	$S_{\text{оп}}$	0,73	500	-5,9
9 (подъемный)	$S_{\text{под}}$	0,94	300	+6,3
	Суммарная самотяга печи $S_{\text{печ}}$			+4,1

Таблица 2  
Table 2

**Результаты измерений**  
**Results of measurements**

Точки замеров	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma S_{\text{печ}}$
Динамика, Па	0	-1,7	-0,5	-1	-8,5	-10	-13	-18	
Статика, Па	0	0	+3,3	+3,3	-1,7	-1,7	+2,5		+2,5

Участки печи 3, 5, 9 являются активными, так как в них в нагретом состоянии образуются самотяги. В опускном канале 5 вектор самотяги направлен встречно движению горячих газов, и там она отрицательная. В топке 3 и подъемном канале 9 векторы самотяги направлены по ходу движения газов, и там они положительные. Цифрами в кружочке показаны точки замеров давления в печи. В табл. 1 приведены

результаты расчетов величины самотяги на активных участках печи и во всей печной системе. Величины температуры взяты ориентировочно из результатов предыдущих испытаний печи ПДКШ-2,0.

В табл. 2 приведены результаты измерения давления на участках печи, которое проводилось дифференциальным манометром Прома 0,25. Точность измерения 0,1 Па.

Замеры проводились в динамике (при движении газов) и в статике (при кратковременном закрытии выходной задвижки). В статике движение газов в печи прекращается, и по результатам замеров можно определить величины реальных самотяг в каналах и всей печи без учета падения давления на газодинамических сопротивлениях.

На рис. 5 показаны эпюры измеренных давлений в статике.

Из табл. 2 и рис. 5 видно, что измеренная суммарная самотяга печи ПДКШ-2,0 с комбинированной топкой меньше, чем с колосниковой решеткой: +6 Па (Шевяков В.В. Комбинированный топливник без колосниковой решетки // Вестник МГСУ. 2018. № 1), и равна +2,5 Па.

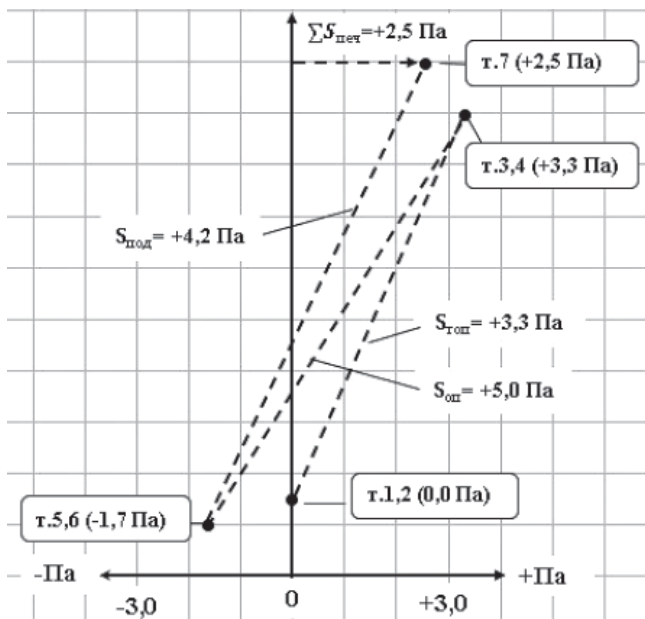


Рис. 5. Эпюры измеренных давлений в статике в печи ПДКШ-2,0 с комбинированной топкой

Fig. 5. Plots of measured static pressures in the MPKSH-2.0 furnace with a combined firebox

Таблица 3  
Table 3

Самотяги в печи ПДКШ-2,0  
Stack effects in the furnace MPKSH-2,0

Номер канала	Расчет			Измерения	
	Самотяга канала, Па	Расстояние между точками замеров, м	$\sim T_{\text{кан}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	Самотяга, Па	Самотяга, Па
3 (топка)	$S_{\text{топ}}$	0,4	800	+3,7	+3,3
5 (опускной)	$S_{\text{оп}}$	0,73	500	-5,9	-5
9 (подъемный)	$S_{\text{под}}$	0,94	300	+6,3	+4,2
	Суммарная самотяга печи $S_{\text{печ}}$			+4,1	+2,5
	Тяга трубы $S_{\text{тр}}$ (250°C)			-17,9	-18
	Суммарная тяга печной системы			-22	-20,5

На рис. 6 приведены эпюры измеренных давлений в динамике.

Из табл. 2 и рис. 6 видно, что в работающей печи во всех точках каналов наблюдается разрежение по отношению к атмосферному давлению.

В табл. 3 приведены результаты расчетов и измерений самотяги в каналах печи.

Так как векторы суммарной тяги печи и тяги трубы направлены в одну сторону, суммарная тяга печной системы (Па) будет равна:

$$\Sigma S_{\text{сис}} = - (S_{\text{печ}} + S_{\text{тр}}).$$

#### Список литературы

1. Эстеркин Р.И. Промышленные котельные установки. Л.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Шевяков В.В. Распределение температуры в параллельных каналах бытовой печи при малоэтажном строительстве // *Жилищное строи-*

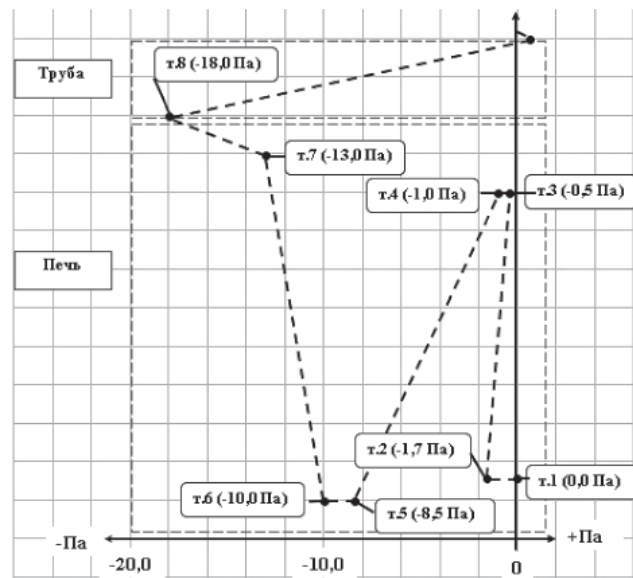


Рис. 6. Эпюры давлений в динамике в печи ПДКШ-2,0 с комбинированной топкой

Fig. 6. Pressure diagrams in dynamics in the MPKSH-2.0 furnace with a combined firebox

#### Выводы

1. В вертикальных каналах работающей печи, так же как и в печной трубе, возникают самотяги, величины которых необходимо учитывать при расчете газодинамики печи.
2. В работающей печи ПДКШ-2,0 с комбинированным топливником во всех точках каналов печи происходит только разрежение по отношению к атмосферному давлению.
3. Расчет газодинамики печной системы позволяет правильно оценить характеристики системы.
4. Полученные результаты расчетов и измерений самотяг в каналах печи подтверждают правильность подхода и проведенных расчетов.

#### References

1. Esterkin R.I. Promyshlennye kotel'nye ustanovki [Industrial boiler installations]. Leningrad: Energoatomizdat. 1985.
2. Sheviakov V.V. Temperature distribution in parallel channels of a household oven at low-rise construction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2021. No. 1–2, pp. 11–17. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-1-2-11-17>
3. Shevyakov V.V. Gas dynamics of a household furnace. Development of the calculation method. *UNIVERSUM: Tekhnicheskie nauki*. 2015. No. 11 (22). (In Russian). <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2771>
4. Shkolnik A.E. Pechnoe otoplenie maloetazhnykh zdaniy [Furnace heating of low-rise buildings]. Moscow: Vysshaya shkola. 1991. 161 p.

- тельство. 2021. № 1–2. С. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-1-2-11-173>
3. Шевяков В.В. Газодинамика бытовой печи. Разработка метода расчета // *UNIVERSUM: Технические науки*. 2015. № 11 (22). <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2771>
  4. Школьник А.Е. Печное отопление малоэтажных зданий. М.: Высшая школа, 1991. 161 с.
  5. Козлов А.А. История печного отопления в России. М.: АНКО; СПб.: Эксклюзив Стиль, 2017. 164 с.
  6. Подгородников И.С. Бытовые печи (двухколпаковые). М.: Колос, 1992. 160 с.
  7. Хошев Ю.М. Дровяные печи. Процессы и явления. М.: Книга и бизнес, 2015. 392 с.
  8. Ковалевский И.И. Печные работы. М.: Высшая школа, 1983. 208 с.
  9. Рязанкин А.И. Секреты печного мастерства. М.: Народное творчество, 2004. 360 с.
  10. Колеватов В.М. Печи и камин. СПб.: Диамант, 1996. 384 с.
  11. Щеголев М.М. Топливо, топки и котельные установки. М.: Госстройиздат, 1953. 546 с.
  12. Шевяков В.В. Исследование свойств дымовой трубы для бытовой печи. Выбор параметров трубы // *Молодой ученый*. 2015. № 17 (97). С. 11–15.
  13. Соснин Ю.П., Бухаркин Е.Н. Бытовые печи, камин и водонагреватели. М.: Стройиздат, 1985. 368 с.
  5. Kozlov A.A. Istoriya pechnogo otopeniya v Rossii [History of furnace heating in Russia]. Moscow: ANKO; S-P: Eksklyuziv Stil'. 2017. 164 p.
  6. Podgorodnikov I.S. Bytovye pechi. Dvukholpakovye [Household furnaces. Two-Kolpakovye]. Moscow: Kolos. 1992. 160 p.
  7. Hoshev J.M. Drovyanые pechi. Protsessy i yavleniya [Wood stove. Processes and Phenomena]. Moscow: Kniga i biznes. 2015. 392 p.
  8. Kovalevsky I.I. Pechnye raboty [Furnace works]. Moscow: Vysshaya shkola. 1983. 208 p.
  9. Ryazankin A.I. Sekrety pechnogo masterstva [Secrets of furnace craftsmanship]. Moscow: Narodnoe tvorchestvo. 2004. 360 p.
  10. Kolevatov V. M. Pechi i kaminy [Stoves and fireplaces]. Saint Petersburg: Diamant. 1996. 384 p.
  11. Shchegolev M.M. Toplivo, topki i kotel'nye ustanovki [Fuel, furnaces and boiler installations]. Moscow: Gosstroyizdat. 1953. 546 p.
  12. Shevyakov V.V. Investigation of the properties of a chimney for a household stove. The choice of tube options. *Molodoi uchenyi*. 2015. No. 17 (97), pp. 11–15. (In Russian).
  13. Sosnin Yu.P., Bukharkin E.N. Bytovye pechi, kaminy i vodonagrevateli [Household stoves, fireplaces and water heaters]. Moscow: Stroyizdat. 1985. 368 p.

*Оформить подписку на журнал  
«Жилищное строительство»  
можно с любого месяца 2021 г.  
и на любой период*

Подписку можно оформить через редакцию.  
Для этого необходимо прислать заявку в произвольной форме

по по эл. почте: **mail@rifsm.ru**

В заявке надо указать название организации (для выставления счета),  
юридический и почтовый адреса, телефон и контактное лицо.

Открыта подписка на электронную версию журнала:

**<https://journal-hc.ru/index.php/ru/podpiska-2021>**



На почте подписку можно оформить  
по объединенному каталогу «Пресса России»  
индекс **70283**

# Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до пяти журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Жилищное строительство» для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

**Библиографические списки** цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

## НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНиПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

## ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–3 года в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние пять лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

**ВНИМАНИЕ! С 1 января 2020 г. изменены требования к оформлению статей. Обязательно ознакомьтесь с требованиями на сайте издательства в разделе «Авторам»!**

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате \*.doc или \*.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах \*.cdr, \*.ai, \*.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате \*.tif, \*.psd, \*.jpg (качество «8 – максимальное») или \*.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом не менее 100 слов на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Жилищное строительство», ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»<sup>®</sup> был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала [www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf](http://www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf)



Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://rifsm.ru/page/7/> или журнала [www.journal-hc.ru/index.php/ru/avtoram](http://www.journal-hc.ru/index.php/ru/avtoram)



# EXPO – RUSSIA KAZAKHSTAN 2021

9я МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

АЛМАТИНСКИЙ  
БИЗНЕС-ФОРУМ

## ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ

Машиностроение, металлургия, новые технологии в металлургической промышленности, энергетика и энергосберегающие технологии, нефтехимическая и газовая промышленность, химическая промышленность, строительство, горнодобывающая промышленность, транспорт, в т.ч. авиация и космонавтика, высокотехнологичные и инновационные отрасли, телекоммуникации и связь, мебельная промышленность, агропромышленный комплекс, промышленная безопасность, образование, медицина и фармакология

Казахстан, Алматы  
**23 – 25 ИЮНЯ**  
2021

[www.ZarubezhExpo.ru](http://www.ZarubezhExpo.ru)

АО «Зарубеж-Экспо»

[info@zarubezhexpo.ru](mailto:info@zarubezhexpo.ru)  
+ 7 (495) 721-32-36

## ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА

Бизнес-форум,  
круглые столы,  
презентация  
регионов,  
биржа контактов



Организаторы конференции



INTERNATIONAL  
ASSOCIATION OF  
FOUNDATION  
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ  
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ



6-8  
ИЮЛЯ

2021

VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ

# «ОПОРЫ И ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ УМНЫХ СЕТЕЙ: ИННОВАЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ,  
ОТЕЛЬ РЕНЕССАНС САНКТ-ПЕТЕРБУРГ БАЛТИК,  
УЛ. ПОЧТАМТСКАЯ, 4, КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛ, 2 ЭТАЖ

Генеральный спонсор  
конференции



Спонсор  
конференции



Официальная поддержка



Генеральные информационные партнеры

ФУНДАМЕНТЫ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ И СТРОИТЕЛЕЙ



[www.fc-union.com](http://www.fc-union.com), [info@fc-union.com](mailto:info@fc-union.com)  
+7 (495) 66-55-014, +7 925 57-57-810