



ISSN 0044-4472

6'2020

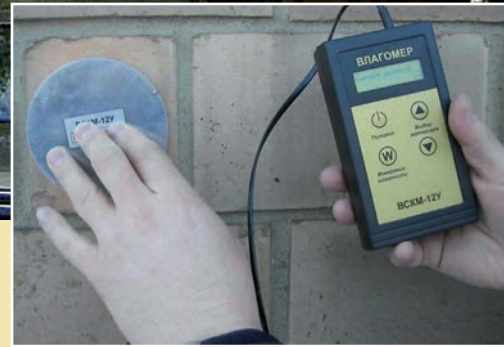
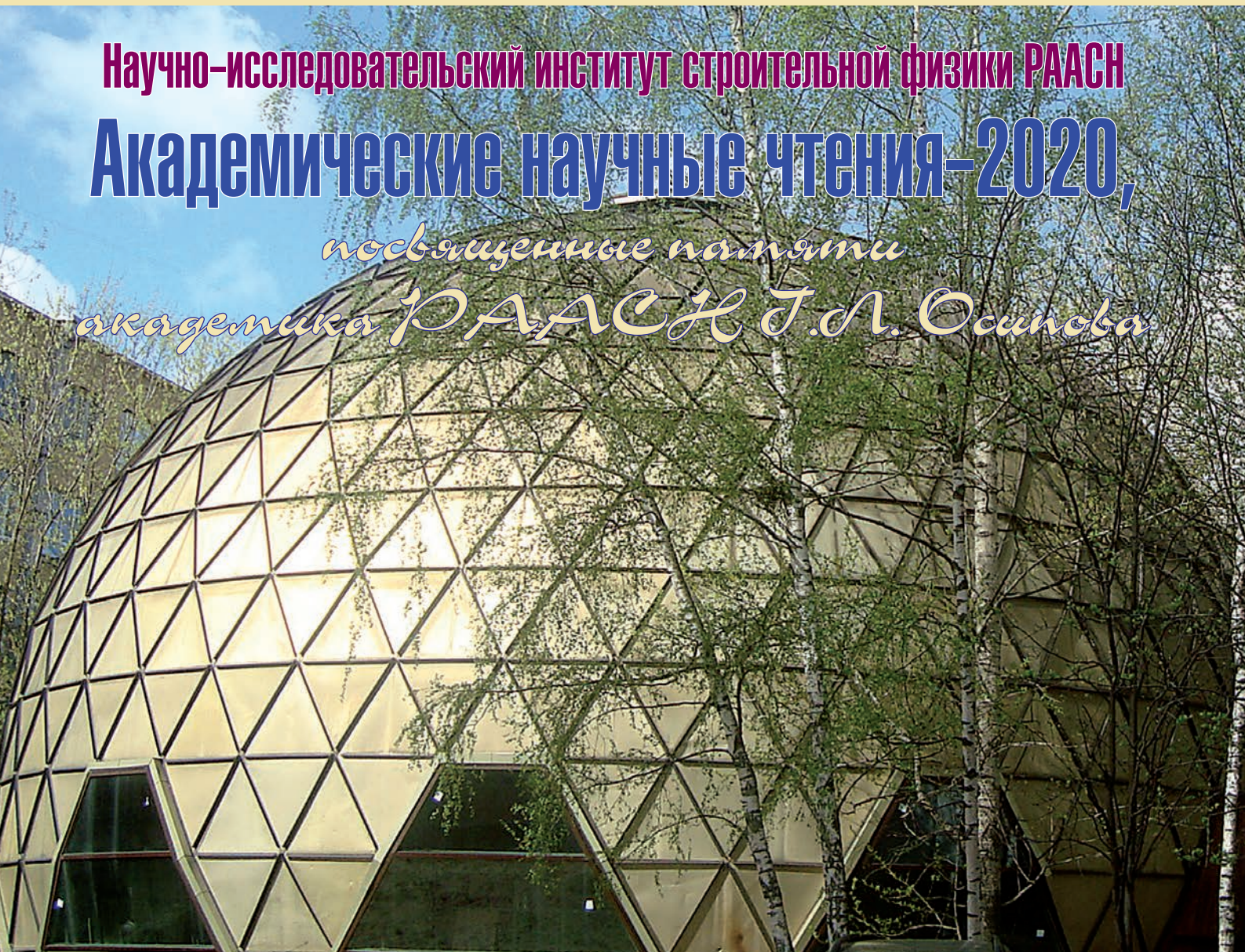
ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

научно-технический и производственный журнал

www.rifsm.ru

издается с 1958 г.

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН
Академические научные чтения-2020,
посвященные памяти
академика РААСН Т.А. Осипова





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»®



X Международная научно-практическая конференция «InterConPan-2020: инновации для индустриального домостроения»

InterConPan-2020

International Conference of Large-panel Construction

7-9 сентября 2020 г. / September 7-9, 2020

Москва / Moscow

Место проведения: Конгресс-центр Торгово-промышленной палаты РФ

(Москва, ул. Ильинка, 6/1, стр. 1)



ТЕМАТИКА:

- Оборудование и технологии для модернизации предприятий КИД
- Инновационные строительные системы
- BIM технологии в сборном домостроении
- Современные бетоны, добавки и пигменты
- Архитектурно-планировочные решения
- Новые решения фасадов и внутренней отделки
- Качество и энергоэффективность индустриальных зданий
- Опыт строительства крупнопанельного жилья

ПРОГРАММА:

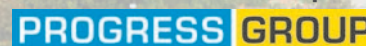
- 7 сентября** Пленарное заседание
Секции: «Архитектура крупнопанельных зданий»;
«Инновационная технология предприятий индустриального домостроения»
- 8 сентября** Выездная сессия
ЗАО «198 КЖИ» (АО ХК «ГВСУ «Центр»),
г. Можайск
Завод БЭНПАН (ООО «БЭНСТРОЙ»),
Московская обл.
- 9 сентября** Выездная сессия
Ростокинский завод ЖБК (ООО «Первый ДСК»)
г. Москва



Генеральный спонсор:



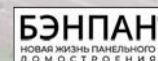
Постоянный спонсор:



Постоянный партнер:



Партнеры:



Электронная заявка: www.interconpan.ru

Организационный комитет:

Телефон: 8 903 550-20-35, +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»

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал

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)

ИЛЬЧИЧЕВ 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.

6'2020

Защита зданий от внешних воздействий

И.Л. ШУБИН, А.И. АНТОНОВ, В.И. ЛЕДЕНЕВ, И.В. МАТВЕЕВА, Н.П. МЕРКУШЕВА

Оценка шумового режима в помещениях предприятий, встроенных в жилые здания 3

И.Е. ЦУКЕРНИКОВ, Л.А. ТИХОМИРОВ, Н.Е. ЩУРОВА, Т.О. НЕВЕНЧАННАЯ

Прогнозирование уровня шума от движения поездов железной дороги с прохождением части поездов в подземном туннеле. 9

Сохранение архитектурного наследия

В.А. ИЛЬЧИЧЕВ, Н.С. НИКИФОРОВА, А.В. КОННОВ, Д.В. ЕМЕЛЬЯНОВ

Реконструкция коммуникаций микротоннелированием на территории объектов культурного наследия 15

Реконструкция и реставрация

В.И. РИМШИН, Е.С. КЕЦКО, П.С. ТРУНТОВ

Этапы технического обследования конструкций административного здания 22

Энергоэффективное строительство

С.Г. ШЕЙНА, Н.П. УМНЯКОВА, П.В. ФЕДЯЕВА, Е.Н. МИНЕНКО

Лучший европейский опыт внедрения энергосберегающих технологий в жилищном фонде Российской Федерации 29

Нормативная база отрасли

А.А. ВЕРХОВСКИЙ, А.П. КОНСТАНТИНОВ, В.А. СМЕРНОВ

Стандартизация и требования нормативной документации к светопрозрачным фасадным конструкциям на территории Российской Федерации 35

Современное проектирование

Е.Г. МАЛЯВИНА, К.М. АГАХАНОВА, Н.П. УМНЯКОВА

Конфигурация системы естественной вытяжной вентиляции с нормативным расходом воздуха 41

Founder of the journal
AO «TSNIEP zhilishcha»

Monthly scientific-technical
and industrial journal

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.V.,
*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.V.,
*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.N.,
*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

6'2020

Protection of buildings against external impacts

I.L. SHUBIN, A.I. ANTONOV, V.I. LEDENEV, I.V. MATVEEVA, N.P. MERKUSHEVA

Assessment of Noise Conditions in the Premises of Enterprises Built

into Residential Buildings 3

I.E. TSUKERNIKOV, L.A. TIKHOMIROV, N.E. SHCHUROVA, T.O. NEVENCHANNAYA

Predicting Noise Level from Railway Trains with Part of the Trains Passing Through

an Underground Tunnel 9

Preservation of architectural heritage

V.A. ILYICHEV, N.S. NIKIFOROVA, A.V. KONNOV, D.V. EMELIANOV

Utilities Renovation by Microtunneling on Cultural Heritage Sites 15

Reconstruction and restoration

V.I. RIMSHIN, E.S. KETSKO, P.S. TRUNTOV

Technical Inspection Stages of Administrative Building Structures 22

Energy efficient construction

S.G. SHEINA, N.P. UMNIAKOVA, P.V. FEDYAEVA, E.N. MINENKO

The Best European Experience in Implementing Energy-Saving Technologies

in the Housing Stock of the Russian Federation 29

Normative base of the industry

A.A. VERKHOVSKY, A.P. KONSTANTINOV, V.A. SMIRNOV

Standardization and Requirements of Normative Documentation

for Curtain Walls in the Russian Federation 35

Modern design

E.G. MALYAVINA, K.M. AGAKHANOVA, N.P. UMNIAKOVA

Configuration of a Natural Exhaust Ventilation System with Standard Air Rates 41

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 628.517

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-3-8>

И.Л. ШУБИН¹, д-р техн. наук (niisf@niisf.ru); А.И. АНТОНОВ², д-р техн. наук (aiant58@yandex.ru),
В.И. ЛЕДЕНЕВ², д-р техн. наук, И.В. МАТВЕЕВА², канд. техн. наук,
Н.П. МЕРКУШЕВА², магистр

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
(127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

² Тамбовский государственный технический университет (392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106)

Оценка шумового режима в помещениях предприятий, встроенных в жилые здания

В жилых зданиях часто размещаются встроенные предприятия общественного назначения. Особенностью таких предприятий является наличие в их помещениях высокого уровня шума. Шум оказывает негативные воздействия на работников и посетителей предприятий, приводит к зашумлению смежных квартир. Большинство вызывающих шум источников излучают непостоянную во времени звуковую мощность. В результате в помещениях образуются непостоянные шумовые поля. Расчет их энергетических характеристик имеет ряд особенностей. Для оценки шума в таких помещениях предложен метод расчета, основанный на представлениях о диффузном характере отражения звука от ограждений. В методе использована статистическая энергетическая модель, описывающая распределение отраженной энергии в замкнутых воздушных объемах во времени и пространстве. Для реализации расчетной модели применен прямой разностный метод. Изложены принципы построения расчетного метода, дана оценка его точности. Установлено, что расчетные спады уровня звукового давления во времени в расчетных точках хорошо согласуются с экспериментально определенными спадами, а погрешность расчетов уровней не превышает 3 дБ. Точность расчетов достаточна для оценки шумового режима и проектирования строительно-акустических средств снижения непостоянного во времени шума. Метод позволяет производить расчеты в помещениях с любыми сложными объемно-планировочными параметрами и может быть использован при проектировании шумозащитных мер в помещениях, встраиваемых в жилые здания предприятий.

Ключевые слова: жилые здания, встроенные предприятия, непостоянный шум, шумовой режим помещений, методы расчета шума, средства шумозащиты.

Для цитирования: Шубин И.Л., Антонов А.И., Леденев В.И., Матвеева И.В., Меркушева Н.П. Оценка шумового режима в помещениях предприятий, встроенных в жилые здания // *Жилищное строительство*. 2020. № 6. С. 3–8. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-3-8>

I.L. SHUBIN¹, Doctor of Sciences (Engineering) (niisf@niisf.ru); A.I. ANTONOV², Doctor of Sciences (Engineering) (aiant58@yandex.ru),
V.I. LEDENEV², Doctor of Sciences (Engineering), I.V. MATVEEVA², Candidate of Sciences (Engineering),
N.P. MERKUSHEVA², Master of Science (Engineering)

¹ Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
(21, Lokomotivnyi Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² Tambov State Technical University (106, Sovetskaya st., Tambov, 392000, Russian Federation)

Assessment of Noise Conditions in the Premises of Enterprises Built into Residential Buildings

In residential buildings often are placed in enterprises for public use. A special feature of such enterprises is the presence of high noise levels in their premises. Noise has a negative impact on employees and visitors of enterprises, leading to noise in adjacent apartments. Most noise-producing sources emit non-constant sound power over time. As a result, non-permanent noise fields are formed in the premises. The calculation of their energy characteristics has a number of features. To assess the noise in such rooms, the article offers a calculation method based on the idea of the diffuse nature of sound reflection from fences. The method uses a statistical energy model that describes the distribution of reflected energy in closed air volumes in time and space. The direct difference method is used to implement the calculation model. The principles of construction of the calculation method are described, and its accuracy is estimated. It was found that the calculated declines in sound pressure levels over time at the calculated points are in good agreement with experimentally determined declines, and the error in calculating the levels does not exceed 3 dB. The accuracy of calculations is sufficient to evaluate the noise regime and design construction and acoustic means of reducing non-constant noise in time. The method allows you to make calculations in rooms with any complex space-planning parameters, and can be used in the design of noise protection measures in premises built into residential buildings of enterprises.

Keywords: residential buildings, built-in enterprises, non-constant noise, noise mode of premises, noise calculation methods, noise protection means.

For citation: Shubin I.L., Antonov A.I., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Merkusheva N.P. Assessment of noise conditions in the premises of enterprises built into residential buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2020. No. 6, pp. 3–8. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-3-8>

В последнее время на первых этажах жилых зданий достаточно часто размещаются встроенные предприятия различного назначения (торгово-развлекательные и спортивные центры, помещения для боулинга и т. д.). Размещаемые в них устройства для передачи музыкальной и речевой информации, спортивные снаряды и другие источники звуковой энергии создают высокий уровень шума. Поэтому при проектировании встроенных предприятий необходимо производить оценку формирующегося в помещениях шумового режима с целью установления его соответствия санитарно-гигиеническим требованиям, а также для определения уровня шума, проникающего через ограждения помещений в смежные квартиры. Таким образом, на основании акустических расчетов должны решаться две задачи. Решение первой задачи направлено на создание в помещениях комфортных условий по фактору шумности, а второй – на обеспечение необходимых звукоизолирующих качеств ограждений, отделяющих эти помещения от квартир. С акустической точки зрения шумовой режим в этих помещениях имеет особенности, которые необходимо учитывать при расчетах шума. В первую очередь к ним относятся непостоянство во времени шумового режима и неравномерность распределения звуковой энергии по объему помещения. В этом случае при акустических расчетах необходимо определять эквивалентные уровни шума по всему рабочему пространству помещения и при необходимости производить дозную оценку шумовых воздействий на организм работающих людей и посетителей [1]. Так как работники предприятий перемещаются по всему помещению, для оценки шумовых воздействий на них можно использовать методику расчета, рассмотренную нами в статье [2]. Для оценки шумового режима непостоянных рабочих мест в методике предлагается использовать шумовые карты [3].

Таким образом, для оценки шумовых воздействий на людей и определения эквивалентных уровней шума в помещениях встроенных предприятий необходимо использовать методы расчета пространственных и временных характеристик шума, действующего на работающих и посетителей в течение времени их нахождения в помещении.

Уровень непостоянного во времени шума в любой точке помещения определяются звуковой энергией, приходящей непосредственно от источника, и энергией, образующейся в помещении при отражениях прямого звука от ограждений:

$$L_{\tau i} = 10 \lg \left[c(\varepsilon_{\tau i}^{\text{пр}} + \varepsilon_{\tau i}^{\text{отр}}) / I_0 \right], \quad (1)$$

где $L_{\tau i}$ – уровень звукового давления в i -й расчетной точке в момент времени τ ; $\varepsilon_{\tau i}^{\text{пр}}$ и $\varepsilon_{\tau i}^{\text{отр}}$ – плотности пря-

мой и отраженной звуковой энергии в i -й точке в момент времени τ ; c – скорость звука.

Так как большинство источников шума в помещениях встроенных предприятий точечные, для расчета плотности прямой энергии используется формула:

$$\varepsilon_{\tau i}^{\text{пр}} = \frac{\Phi W(\tau - r_i/c)}{\Omega r_i^2 c}, \quad (2)$$

где Φ , Ω – фактор направленности и пространственный угол излучения источника шума; r_i – расстояние от источника до i -й точки; $W(\tau - r_i/c)$ – звуковая мощность источника с учетом времени запаздывания прихода от него звуковой энергии в i -ю точку.

Распределение отраженной составляющей непостоянного шума определяется более сложными пространственными и временными зависимостями. Для определения этой составляющей требуются более сложные расчетные модели. Ниже на основе анализа существующих подходов произведен выбор метода расчета отраженного шума при условиях его диффузного отражения от ограждений. Такой характер отражения звука наблюдается в помещениях большинства встроенных предприятий. Установлено, что при диффузном характере отражений звука от ограждений для расчета шума возможно использовать несколько разных численных методов. К ним относятся метод прослеживания лучей в его интерпретации для решения задач распространения шума при диффузном отражении звука [4] и метод интегрального уравнения Куттруфа [5].

Опыт их применения при построении шумовых карт помещений, необходимых для оценки пространственного распределения шума и временных изменений звуковой энергии в расчетных точках, показал потребность в вычислительной технике с большим объемом памяти и быстродействием. Это обстоятельство создает значительные неудобства в процессе решения практических задач при автоматизированном проектировании средств шумозащиты [6].

Более приемлемым в этом случае являются методы, реализующие статистическую энергетическую расчетную модель [7], которая основана на том, что в отраженном квазидиффузном поле существует связь плотности потока \bar{q} и градиента плотности отраженной звуковой энергии ε в виде выражения:

$$\bar{q} = -\eta \cdot \text{grad} \varepsilon, \quad (3)$$

где η – коэффициент связи плотности потока и градиента плотности, определяемый согласно [9] выражением:

$$\eta = 0.5c \cdot \bar{l}, \quad (4)$$

где \bar{l} – средняя длина пробега звуковых лучей в помещении.

В этом случае распределение звуковой энергии в объеме помещения может быть описано параболическим уравнением:

$$\frac{\partial \varepsilon_{(r,t)}}{\partial t} - \eta \nabla^2 \varepsilon_{(r,t)} + c m_b \varepsilon = F_{(r,t)}, \quad (5)$$

где ∇^2 – оператор Лапласа; m_b – пространственный коэффициент затухания звука в воздухе; $F_{(r,t)} = W_t(1 - \bar{\alpha}) / dv$ – отраженная звуковая энергия, излученная в объем dv ; W_t – звуковая мощность источника; $\bar{\alpha}$ – средний коэффициент звукопоглощения помещения.

Однозначность решения уравнения (5) обеспечивается граничными и начальными условиями.

Подобные представленной расчетной модели подходы к оценке отраженного шума позднее были рассмотрены в работах [9–14]. Предложенные в них расчетные модели основываются на представлениях о диффузионном распространении отраженной звуковой энергии подобно броуновскому движению молекул газа [15].

Для реализации расчетной модели в работе [16] предложен численный расчетный метод, позволяющий строить шумовые карты помещений и определять пространственно-временные изменения энергетических характеристик отраженной звуковой энергии при непостоянном шумовом режиме. В данном случае в методе используется расчетная модель в виде параболического уравнения (5) с граничными условиями, определяемыми выражением:

$$\left. \frac{\partial \varepsilon}{\partial n} \right|_s = - \frac{\alpha_s}{(2 - \alpha_s) l} \varepsilon_{(r,t)} \Big|_s, \quad (6)$$

где α_s – коэффициент звукопоглощения на участке ограждения с поверхностью S и с начальными условиями в виде:

$$\begin{cases} \varepsilon = \frac{W_t(1 - \bar{\alpha}) \Delta \tau}{V_{uc}}; & x \in V_{uc}, \\ \varepsilon = 0; & x \notin V_{uc} \end{cases}, \quad (7)$$

где V_{uc} – малая по сравнению с объемом помещения область первоначального распределения отраженной энергии; W_t – переменная во времени мощность источника шума.

В случае принятия начальных условий (7) предполагалось, что действие источника можно представить в виде излучения импульсов отраженной звуковой энергии при бесконечно малом временном интервале $\delta \tau$, т. е. $W_t(1 - \bar{\alpha}) \delta \tau$. При этом с достаточным приближением можно считать, что излучаемый импульс энергии первоначально распределяется вблизи источника в объеме V_{uc} .

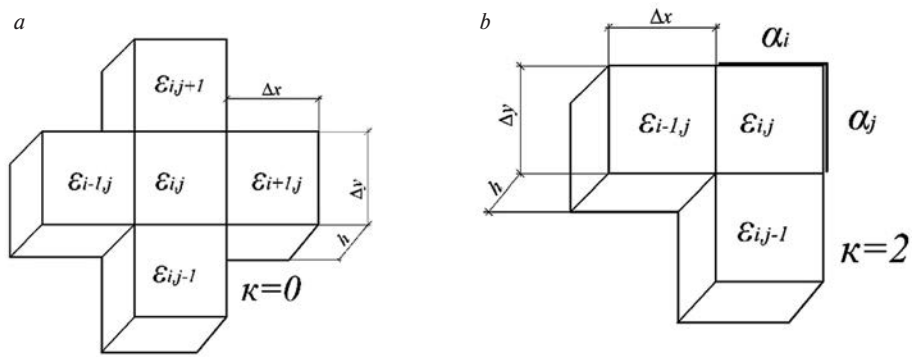


Рис. 1. Схемы элементарных объемов ΔV внутри (а) и на границе помещения (б)
Fig. 1. Schemes of elementary volumes ΔV inside (a) and on the border of the room (b)

Для реализации расчетной модели, состоящей из уравнения (5) с условиями (6) и (7), в работе [16] предложено использовать прямой разностный метод [17]. Методика расчета заключается в разбиении общего объема помещения на отдельные элементарные объемы и записи для каждого из них уравнения баланса отраженной энергии. Решение уравнений позволяет вычислить значения плотности звуковой энергии во всех элементарных объемах во все рассматриваемые временные интервалы dt . Метод используется при оценке непостоянного шумового режима в простых и сложных по форме помещениях.

В работе [16] для упрощения расчетов предложено использовать двухмерную модель помещения (рис. 1). В этом случае помещение разбивается на элементарные параллелепипеды с высотой, равной высоте помещения h (рис. 1) и с квадратной сеткой основания – $\Delta x = \Delta y = \Delta$. Для каждого объема составляется уравнение балансов отраженной звуковой энергии, которое в общем случае для объема с источником шума имеет вид:

$$\Delta V \varepsilon_{i,j}^{t+\Delta t} = \Delta V \varepsilon_{i,j}^t + W_t(1 - \bar{\alpha}) \cdot dt - \sum_{4} q_{i\pm 1, j\pm 1} S dt, \quad (8)$$

где $\Delta V = h \Delta^2$ – объем элементарного параллелепипеда; q_{nl} , q_{nt} – плотность потоков энергии через нижнюю и верхнюю грани параллелепипеда; $q_{j\pm 1}$, $q_{i\pm 1}$ – плотность потоков через боковые грани параллелепипеда; $S = h \Delta$ – площадь боковой поверхности; $\varepsilon_{i,j}^t$ – плотность энергии в i, j -м объеме в начальный момент времени.

Применительно к i -му, j -му элементарному объему уравнение (8) определяется выражением:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{i,j}^{t+\Delta t} = \varepsilon_{i,j}^t & \left[1 - \frac{(4-k)c \bar{l} dt}{2 \Delta^2} - \frac{c}{2h} \left(\frac{\alpha_{i,j,nn}}{2 - \alpha_{i,j,nn}} + \frac{\alpha_{i,j,nt}}{2 - \alpha_{i,j,nt}} \right) dt - \right. \\ & \left. - \sum_k \frac{c \alpha_{j,k} dt}{2 \Delta (2 - \alpha_{i,k})} \right] + \frac{W_t(1 - \bar{\alpha}) dt}{\Delta^2 h} + \frac{c \bar{l}}{2 \Delta^2} \sum_{4-k} \varepsilon_{i\pm 1, j\pm 1}^t dt, \quad (9) \end{aligned}$$

где k – количество боковых поверхностей i -го, j -го объема, являющихся поверхностями помещения;

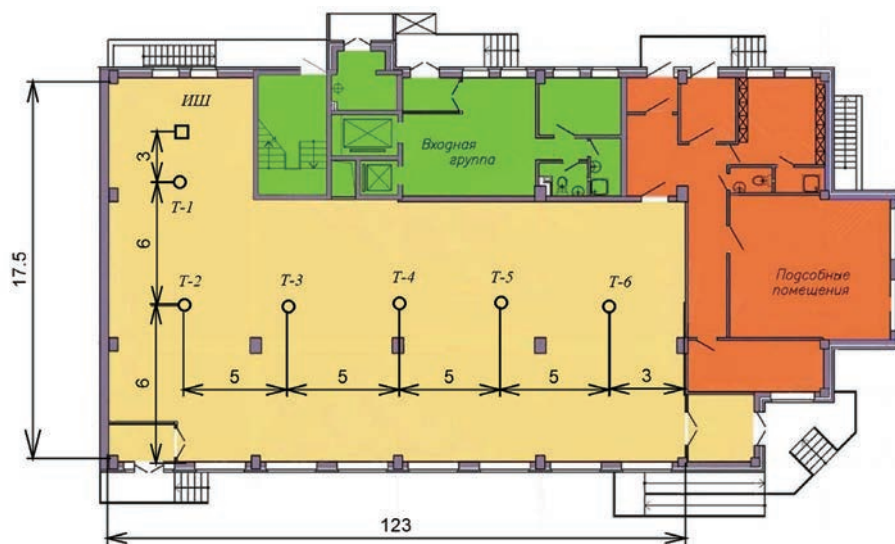


Рис. 2. Расчетная схема помещения: T-1 – T-6 – номера расчетных точек; ИШ – положение источника шума

Fig. 2. Calculation scheme of the room: T-1 – T-6 – numbers of calculation points; ИШ – position of the noise source

Энергетические характеристики шума в помещении при работе источника периодического действия
Energy characteristics of noise in a room when a periodic source is operating

Исследуемые характеристики		Номер расчетной точки					
		1	2	3	4	5	6
Максимальный уровень шума, дБ	Расчетный	86,5	83,8	81,4	77,8	74,7	73,3
	Экспериментальный	88	85	82	80	76	75
Минимальный уровень шума, дБ	Расчетный	66,6	66,6	66,3	65,5	65,4	63,6
	Экспериментальный	71	69	69	69	68	68
Разность максимального и минимального уровня, дБ	Расчетный	19,9	17,2	15,1	12,3	10,3	9,7
	Экспериментальный	17	15	13	11	8	7
Скорость затухания звуковой энергии, дБ/с	Расчетный	33,2	28,7	25,2	20,5	10,3	9,7
	Экспериментальный	28,3	25	21,7	18,3	13,3	11,7

$\alpha_{i,j,пл}$, $\alpha_{i,j,пт}$ – коэффициенты звукопоглощения пола и потолка в пределах i -го, j -го элементарного объема; $\alpha_{i,k}$, $\alpha_{j,k}$ – коэффициенты звукопоглощения k -х поверхностей i -го, j -го элементарного объема.

Для численной реализации метода разработана компьютерная программа.

Оценка точности метода выполнена путем сравнения экспериментальных и расчетных данных в различных по форме и пропорциям помещениях при действии в них непостоянного источника шума.

Результаты выполненного сравнительного анализа показали адекватность расчетной модели и реализующего ее численного метода реальным условиям формирования отраженного звукового поля. Метод дает возможность объективно оценивать пространственно-временные изменения шума в помещениях при действии в них непостоянных источников звука.

Ниже приведен пример сравнения расчетных и экспериментальных данных для тренажерного по-

мещения спортивного центра, размещаемого в жилом многоэтажном доме, при работе в нем источника шума периодического действия. Схема помещения дана на рис. 2. Все размеры на схеме указаны в метрах. Высота помещения 3,6 м.

С целью исключения побочных факторов, в той или иной мере влияющих на точность результатов, исследования произведены на стадии сдачи объекта в эксплуатацию при отсутствии в помещении оборудования и других рассеивающих звук элементов.

Результаты сравнительного анализа даны в таблице для октавной полосы с $f=2000$ Гц. Коэффициент звукопоглощения всех поверхностей помещения равен $\alpha=0,1$. Пиковая мощность источника шума 97 дБ, периодичность действия источника 1 с, длительность импульса 0,4 с, время между импульсами 0,6 с.

Видно, что звуковое поле при работе источника шума периодического действия весьма неравномерно. При этом максимальный уровень звука при расчетах в точках 1 и 6 различается на 10 дБ, а минимальный уровень – всего на 1 дБ. Перво-

начальная неравномерность звукового поля после отключения источника с течением времени выравнивается. Об этом также свидетельствует средняя скорость затухания звуковой энергии, рассчитываемая по формуле:

$$m = \Delta L / \Delta t, \quad (10)$$

где ΔL – разность максимального и минимального уровней шума; Δt – время между импульсами излучаемой энергии.

Расхождения результатов экспериментов и расчетов не превышают 3 дБ, что отвечает требованиям к необходимой точности при практических расчетах шума на стадии проектирования встраиваемых в жилые здания объектов.

Выводы.

1. Предложенный численный метод расчета непостоянного во времени шума, основанный на стати-

стической энергетической модели, предполагающей диффузный характер отражения звука от ограждений, обладает достаточной для практических расчетов точностью.

2. Метод позволяет производить оценку пространственных и временных характеристик шума в помещениях различной формы и геометрических

пропорций. В отличие от других численных методов он требует меньшего количества вычислительных ресурсов и имеет большее быстродействие.

3. Метод возможно использовать при оценке шумового режима в помещениях встраиваемых в жилые здания предприятий при проектировании звукоизоляции их ограждающих конструкций.

Список литературы

1. Денисов Э.И. Физические основы и методика расчета дозы шума // *Гигиена труда*. 1979. № 11. С. 24–28.
2. Шубин И.Л., Антонов А.И., Матвеева И.В., Меркушева Н.П. Расчет энергетических параметров шума непостоянных рабочих мест в производственных зданиях // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2018. № 3 (375). С. 207–211.
3. Антонов А.И., Матвеева И.В., Меркушева Н.П., Пороженко М.А. Построение и использование шумовых карт при разработке шумозащитных мероприятий в производственных помещениях с непостоянными рабочими местами // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2018. № 4 (24). С. 48–56.
4. Hodgson M. On the accuracy of models for predicting sound propagation in fitted rooms // *Journal of the Acoustical Society of America*. 1990. V. 88. No. 2. Pp. 23–30.
5. Kuttruff H. Stationare Schallausbreitung in Flachdrumen // *Acustica*. 1985. V. 57. No. 2. Pp. 31–34.
6. Антонов А.И., Леденев В.И., Матвеева И.В., Меркушева Н.П. Цифровизация акустических расчетов при автоматизированном проектировании зданий // *Приволжский научный журнал*. 2019. № 4. С. 31–40.
7. Леденев В.И., Антонов А.И., Жданов А.Е. Статистические энергетические методы расчета отраженных шумовых полей помещений // *Вестник ТГТУ*. 2003. Т. 3. № 4. С. 713–717.
8. Antonov A., Ledenev V., Nevenchannaya T., Tsukernikov I. Shubin I. Coupling Coefficient of Flux Density and Density Gradient of Reflected Sound Energy in Quasi-Diffuse Sound Fields // *Journal of Theoretical and Computational Acoustics*. 2019. V. 26. No. 4. 1850053.
9. Billon A., Picaut J., Valeau V., Sakout A. Acoustic Predictions in Industrial Spaces Using a Diffusion Model // *Hindawi Publishing Corporation Advances in Acoustics and Vibration*. 2012. DOI: 10.1155 / 2012/260394
10. Visentin C., Prodi N., Valeau V., Picaut J. A numerical and experimental validation of the room acoustics diffusion theory inside long rooms // *21st International Congress on Acoustics*. (Canada). 2013.

References

1. Denisov E.I. Physical basis and method of calculating noise dose. *Gigiena truda*. 1979. No. 11, pp. 24–28 (In Russian).
2. Shubin I. L., Antonov A. I., Matveeva I. V., Merkusheva N.P. Calculation of energy parameters of noise of non-permanent workplaces in industrial buildings. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. 2018. No. 3 (375), pp. 207–211. (In Russian).
3. Antonov A.I., Matveeva I.V., Merkusheva N.P., Porozhenko M.A. Construction and use of noise maps in the development of noise protection measures in industrial premises with non-permanent jobs. *Biosferная совместимость: chelovek, region, tekhnologii*. 2018. No. 4 (24), pp. 48–56. (In Russian).
4. Hodgson M. On the accuracy of models for predicting sound propagation in fitted rooms. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1990. V. 88. No. 2, pp. 23–30.
5. Kuttruff H. Stationare Schallausbreitung in Flachdrumen. *Acustica*. 1985. V. 57. No. 2, pp. 31–34.
6. Antonov A.I., Ledenev V.I., Matveeva I.V., Merkusheva N.P. The digitalization of acoustic calculations in the computational design of buildings. *Privolzhskij nauchnyj zhurnal*. 2019. No. 4, pp. 31–40. (In Russian).
7. Ledenev V.I., Antonov A.I., Zhdanov A.E. Statistical energy methods for calculating reflected noise fields of premises. *Vestnik TGTU*. 2003. V. 3. No. 4, pp. 713–717. (In Russian).
8. Antonov A., Ledenev V., Nevenchannaya T., Tsukernikov I., Shubin I. Coupling Coefficient of Flux Density and Density Gradient of Reflected Sound Energy in Quasi-Diffuse Sound Fields. *Journal of Theoretical and Computational Acoustics*. 2019. V. 27. No. 2. 1850053.
9. Billon A, Picaut J, Valeau V, Sakout A. Acoustic Predictions in Industrial Spaces Using a Diffusion Model. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Acoustics and Vibration*. 2012. DOI: 10.1155 / 2012/260394
10. Visentin C., Prodi N., Valeau V., Picaut J. A numerical and experimental validation of the room acoustics diffusion theory inside long rooms. *21st International Congress on Acoustics*. (Canada). 2013.

11. Visentin C., Prodi N., Valeau V., Picaut J. A numerical investigation of the Fick's law of diffusion in room acoustics // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2012.
12. Foy C., Picaut J., Valeau V. Modeling the reverberant sound field by a diffusion process: analytical approach to the scattering // *Proceedings of Internoise*. (San Francisco). 2015.
13. Foy C., Picaut J., Valeau V. Introduction de la diffusivité des parois au sein du modèle de diffusion acoustique // *CFA / VISHNO*. 2016.
14. Foy C., Valeau V., Picaut J., Prax C., Sakout A. Spatial variations of the mean free path in long rooms: Integration within the room-acoustic diffusion model // *Proceedings of the 22 International Congress on Acoustics*. (Buenos Aires). 2016.
15. Ollendorf F. Statistischer Raumakustik als Diffusionsproblem // *Acustica*. 1969. V. 21. No. 4. Pp. 236–245.
16. Антонов А.И., Бацунова А.В., Крышов С.И. Метод оценки шумовых полей помещений при проектировании шумозащиты в гражданских зданиях с непостоянными во времени источниками // *Жилищное строительство*. 2012. № 4. С. 58–60.
17. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977. 736 с.
11. Visentin C., Prodi N., Valeau V., Picaut J. A numerical investigation of the Fick's law of diffusion in room acoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2012.
12. Foy C., Picaut J., Valeau V. Modeling the reverberant sound field by a diffusion process: analytical approach to the scattering. *Proceedings of Internoise*. (San Francisco). 2015.
13. Foy C., Picaut J., Valeau V. Introduction de la diffusivité des parois au sein du modèle de diffusion acoustique. *CFA / VISHNO*. 2016.
14. Foy C., Valeau V., Picaut J., Prax C., Sakout A.. Spatial variations of the mean free path in long rooms: Integration within the room-acoustic diffusion model. *Proceedings of the 22 International Congress on Acoustics*. (Buenos Aires). 2016.
15. Ollendorf F. Statistischer Raumakustik als Diffusionsproblem. *Acustica*. 1969. V. 21. No. 4, pp. 236–245.
16. Antonov A.I., Bacunova A.V., Kryshov S.I. Method for evaluating the noise fields of premises in the design of noise protection in civil buildings with non-constant time sources. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Constructions]. 2012. No. 4, pp. 58–60 (In Russian).
17. Tihonov A.N., Samarskij A.A. *Uravneniya matematicheskoi fiziki* [Equations of mathematical physics]. Moscow: Nauka, 1977. 736 p.

23-25 сентября
ВАНХЭКСПО Уфа 2020

 **БВК**
БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

ФОРУМ УРАЛСТРОЙИНДУСТРИЯ



Специализированные выставки

Строительство
Ярмарка недвижимости

Свяжитесь
с нами

www.stroybvk.ru
stroy@bvkexpo.ru

+7 (347) 246-41-80
+7 (347) 241-74-19

@ stroybvk

f stroyexpo.ufa

#бвк

#стройбвк

УДК 656.053.7

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-9-14>

И.Е. ЦУКЕРНИКОВ^{1,2}, д-р техн. наук; Л.А. ТИХОМИРОВ¹, инженер (niisf@mail.ru),
Н.Е. ЩУРОВА¹, инженер; Т.О. НЕВЕНЧАННАЯ^{1,2} д-р техн. наук

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
(127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

² Московский политехнический университет (107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38)

Прогнозирование уровня шума от движения поездов железной дороги с прохождением части поездов в подземном туннеле

Рассмотрен подход к прогнозированию уровня шума от движения поездов железной дороги с прохождением части поездов в подземном туннеле. С его помощью выполнен прогноз и оценка уровня шума от пригородных электропоездов в помещениях проектируемого научно-исследовательского лингвистического центра. В качестве источников шума рассмотрены потоки поездов. Шумовые характеристики источников шума определяли с помощью натурных измерений и расчетом на основании данных об интенсивности движения. Показано, что применение стандартных методов по ГОСТ 33325–2015 и СП 276.1325800.2016 в нетиповых случаях расположения путей, когда часть поездов проходит в туннеле, приводит к существенно завышенным значениям шумовых характеристик потоков поездов, а следовательно, и результатов прогноза и требует корректировки рассчитанных значений шумовых характеристик по результатам натурных измерений.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, прогнозирование шумовых характеристик, измерение шума, компьютерное моделирование.

Для цитирования: Цукерников И.Е., Тихомиров Л.А., Щурова Н.Е., Невенчанная Т.О. Прогнозирование уровня шума от движения поездов железной дороги с прохождением части поездов в подземном туннеле // *Жилищное строительство*. 2020. № 6. С. 9–14. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-9-14>

I.E. TSUKERNIKOV^{1,2}, Doctor of Sciences (Engineering); L.A. TIKHOMIROV¹, Engineer (niisf@mail.ru),
N.E. SHCHUROVA¹, Engineer; T.O. NEVENCHANNAYA^{1,2}, Doctor of Sciences (Engineering)

¹ Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
(21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² Moscow Polytechnic University (38, Bolshaya Semyonovskaya Street, Moscow, 107023, Russian Federation)

Predicting Noise Level from Railway Trains with Part of the Trains Passing Through an Underground Tunnel

The forecast and assessment of noise levels from suburban electric trains in the premises of the designed research linguistic center where offices, conference rooms, lecture halls, and premises for webinars are located, where the noise level must meet regulatory requirements, was made. Train flows are considered as sound sources. Noise characteristics of sound sources were determined using field measurements and calculation based on traffic intensity data. It is showed shows that the use of standard methods according to GOST 33325-2015 and SP 276.1325800.2016 in non-typical cases of track arrangement, when part of the trains passes in a tunnel, leads to significantly inflated values of the noise characteristics of train flows, and consequently, the forecast results, and requires adjustment of the calculated values of noise characteristics based on the results of field measurements.

Keywords: railway transport, noise characteristic forecast, noise measurement, computer modeling.

For citation: Tsukernikov I.E., Tikhomirov L.A., Shchurova N.E., Nevenchannaya T.O. Predicting noise level from railway trains with part of the trains passing through an underground tunnel. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2020. No. 6, pp. 9–14. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-9-14>

Одним из основных источников повышенного шума на селитебных территориях является железнодорожный транспорт [1–8]. Кроме того, существует тенденция вывода промышленных предприятий за пределы городов с последующим строительством на их месте жилых, общественных и административных

объектов. Это зачастую приводит к тому, что участки железной дороги, ранее проходившие вблизи промышленных предприятий, в новых условиях располагаются в непосредственной близости от жилых и общественных зданий и могут оказывать негативное воздействие на акустическую обстановку в них [9].

В связи с этим на этапе планирования строительства данных объектов предусмотрено прогнозирование уровня шума и при превышении нормативных значений включение в проект строительно-акустических мероприятий по снижению шума до допустимых уровней [1, 9].

Для типовых случаев открытого прохождения железнодорожных линий прогноз шумового воздействия на прилегающую территорию проводится с помощью методов расчета, установленных в ГОСТ 33325–2015 «Шум. Методы расчета уровней внешнего шума, излучаемого железнодорожным транспортом» и СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» [10, 11]. Однако есть случаи, когда наряду с открытыми линиями имеются пути, проходящие в подземном туннеле; при этом участки входа поездов в туннель или выхода из него находятся в зоне, прилегающей к объекту, подлежащему прогнозу, и дают определенный вклад в уровень воздействующего шума. Применение в этом случае методов расчета из указанных нормативно-технических документов приводит к существенным ошибкам прогноза.

В настоящей работе описывается подход, основанный на проведении натурных измерений уровня шума и соответствующем корректировании результатов расчета. Такой подход рекомендован рабочей группой Европейской комиссии «Оценка воздействия шума» (WG-AEN) [12], предусмотрен национальным стандартом ГОСТ Р 53187–2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий» и находит применение на практике, например [13]. Рассмотрено также применение данного подхода для прогнозирования и оценки уровня шума в помещениях проектируемого научно-исследовательского лингвистического центра (далее Центр), расположенного по адресу г. Москва, ЦАО, Переведеновский пер., вл. 13, стр. 11, 12.

Рассмотрим участок железной дороги, включающий наряду с открытыми линиями пути, проходящие в подземном туннеле, при этом участки входа поездов в туннель или выхода из него находятся в зоне, прилегающей к объекту, подлежащему прогнозу, и дают определенный вклад в уровень воздействующего шума.

Для выполнения прогноза необходимо определить шумовые характеристики потоков поездов, курсирующих по рассматриваемому участку железной дороги. В соответствии с ГОСТ 20444–2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики» такими характеристиками являются эквивалентный L_{Aeq25} и максимальный L_{Amax25} уровни звука, определяемые на расстоянии 25 м от

оси главного пути, наиболее близкого к проектируемому объекту, и на высоте 1,5 м над уровнем головки рельса.

Предположим, что по рассматриваемому участку железной дороги курсируют поезда трех категорий: пригородные электропоезда, пассажирские поезда дальнего следования и грузовые поезда.

Необходимо выполнить измерения указанных шумовых характеристик при прохождении каждого поезда. Общая продолжительность измерений T должна удовлетворять требованиям ГОСТ 31296.2–2006 «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления»: при измерениях эквивалентного уровня должно пройти не менее пяти поездов каждой категории, вносящих существенный вклад в общее значение; при измерениях максимального уровня должен быть зарегистрирован максимальный уровень при прохождении не менее 20 поездов данной категории (если невозможно получить так много записей, то следует указать число прошедших поездов, шум которых измерен, и провести оценку влияния числа поездов на неопределенность измерений).

По измеренным значениям следует рассчитать шумовые характеристики $L_{Aeq25,T}$ и $L_{Amax25,T}$ потока поездов за общее время измерения T с помощью выражений:

$$L_{Aeq25,T} = 10 \lg\left(\frac{1}{T} \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} t_{ij} 10^{0,1L_{j,Aeq25,i}}\right); \quad (1)$$

$$L_{Amax25,T} = \max_j \left(\sum_{i=1}^{n_j} 10^{0,1L_{j,Amax25,i}}, j = 1,2,3\right), \quad (2)$$

где t_{ij} – время прохождения i -го поезда категории j , с; $L_{j,Aeq25,i}$ и $L_{j,Amax25,i}$ – измеренные эквивалентные и максимальные уровни звука i -го поезда категории j , дБА; n_j – число поездов категории j , шумовые характеристики которых измерены за время измерения T .

Значения $L_{Aeq25,T}$ и $L_{Amax25,T}$ потока поездов, шумовые характеристики которых были измерены за время T , следует также рассчитать по формулам из ГОСТ 33325–2015 (СП 276.1325800.2016), используя рекомендованные в стандартах значения средних длин пассажирских ($l_1=500$ м), грузовых ($l_2=1200$ м) и пригородных ($l_3=200$ м) поездов, средние (или максимальные) значения скорости движения поездов каждой категории v_j , определенные при измерениях и соответствующие измерениям значения n_j . Сопоставление результатов расчетов позволяет определить поправку к рассчитанным по указанным НТД шумовым характеристикам потоков поездов каждой категории и всего потока поездов, проходящих по рассматриваемому участку. Прогноз уровней шума

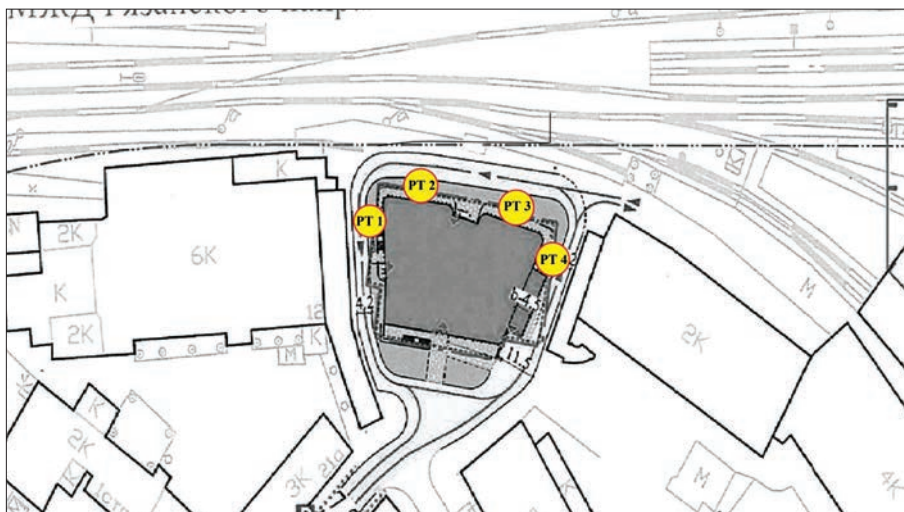
на прилегающей территории следует выполнять по скорректированным указанным образом шумовым характеристикам потоков поездов.

Объектом прогнозирования является здание проектируемого научно-исследовательского лингвистического центра (далее Центр), представляющего пятиэтажное здание высотой 35 м. На всех этажах Центра располагаются рабочие кабинеты, конференц-залы, лекционные залы и помещения для проведения вебинаров, где уровень шума должен соответствовать нормативным показателям. В качестве источника шума, который может оказывать негативное влияние на акустическую обстановку, приняты пригородные электропоезда, движущиеся по участку Московской железной дороги (далее МЖД), расположенному на расстоянии 20 м от проектируемого Центра. План Центра и прилегающих линий МЖД представлен на рисунке.

На рассматриваемом участке МЖД электропоезда следуют в двух направлениях по четырем путям: по путям 1 и 2, ближним к Центру, поезда движутся, уходя на участке напротив Центра в подземные туннели; по открытым путям 3 и 4, которые использовали в качестве основных для расчетов, по ГОСТ 33325–2015 (СП 276.1325800.2016).

В соответствии с данными, предоставленными ГАУ «Институт Генплана Москвы», на рассматриваемом участке железной дороги в настоящее время пригородное пассажирское движение включает 170 пар поездов в сутки, в том числе в час пик 17 пар поездов, движущихся со скоростью 40–50 км/ч; на расчетный срок интенсивность пригородного пассажирского движения увеличивается до 223 пар поездов в сутки, в том числе в час пик 16 пар поездов со скоростью 40–50 км/ч.

Ввиду указанной специфики движения электропоездов на рассматриваемом участке МЖД для определения шумовых характеристик потока электропоездов выполняли натурные измерения максимальных и эквивалентных уровней звука при прохождении каждого поезда. Измерения выполняли в течение $T=1$ ч 32 мин с помощью шумомеров, анализаторов спектра «Алгоритм 03» производства фирмы «Алгоритм Акустика» и Brüel & Kjær type 2250, имеющих действующие свидетельства о проверке. Поскольку для рассматриваемого объекта выпол-



План Центра и прилегающих путей МЖД: RT1 – RT4 – расчетные точки у фасадов Центра
Plan of the Center and adjacent tracks of the Moscow railway: RT1 – RT4 – calculation points at the facades of the Center

нить натурные измерения шумовых характеристик на опорном расстоянии 25 м не представлялось возможным из-за особенностей прилегающей застройки и требований безопасности (невозможности располагать микрофон на путях движения поездов), натурные измерения были проведены на расстоянии 31,4 м от оси ближнего к Центру открытого железнодорожного пути.

Измерены уровни шума 14 пригородных электропоездов ($n_3=14$), по измеренным значениям рассчитывали соответствующие уровни звука за общее время измерения с помощью выражений (1), (2). При этом стандартная неопределенность расчета максимальных уровней звука A при переходе от 12 к 14 электропоездам изменилась менее 0,3 дБА.

Для определения шумовых характеристик поездов и их потоков был проведен расчет уровней звука на расстоянии 25 м от оси ближнего к Центру открытого железнодорожного пути с помощью методов ГОСТ 33325–2015 (СП 276.1325800.2016). В расчете использовали указанные выше средние длины пригородных электропоездов и приведенные в сведениях ГАУ «Институт Генплана Москвы» максимальные значения скоростей движения электропоездов $v_3=50$ км/ч.

Чтобы рассчитанные шумовые характеристики потоков поездов отражали специфику движения на рассматриваемом участке МЖД, было выполнено их сравнение с соответствующими значениями уровней звука, полученными по результатам измерений с помощью выражений (1), (2), и определены поправки к рассчитанным по стандартным методам шумовым характеристикам потоков электропоездов. При этом, учитывая, что точка измерений находится на расстоянии 31,4 м от ближнего к Центру открытого участка

Таблица 1
Table 1

Измеренные и рассчитанные уровни звука (A)
от электропоездов и их потоков
Measured and calculated sound levels (A) from electric trains
and their flows

№ поезда	Скорость, км/ч	Длина, м	$L_{Amax31,4}$, дБА	$L_{Aeq31,4}$, дБА
1	79,2	242	74,7	70,4
2	48,4	242	70,5	67
3	24,2	242	71,6	68,4
4	24,2	242	69,4	66,8
5	24,9	242	76,1	66
6	48,4	242	71,4	68,9
7	33,5	242	77,7	71,7
8	36,3	242	71,7	69,4
9	62,2	242	69,4	67,2
10	67	242	72,3	70,1
11	31,1	264	75,7	70,8
12	58	242	70,6	69
13	51,2	242	69,8	67,4
14	34,8	242	77,7	70,8
Значения для потока электропоездов, рассчитанные за время измерения 1 ч 32 мин				
По результатам измерений			68	46,6
По ГОСТ 33325–2015 (СП 276.132580.2016)			82,3	63,3
Поправка			-14,3	-16,7

Таблица 2
Table 2

Уровни шума в помещениях Центра
Noise levels in the Center's premises

Помещение (номер на плане)	V , м ³	B , м ²	$L_{Aeq2м}$, дБА	$L_{Amax2м}$, дБА	L_{Aeq} , дБА	L_{Amax} , дБА
1-й этаж						
Для проведения вебинаров (16)	488,8	61,1	49,7	63,1	18,5	39
Допустимые уровни					40	55
Превышение					–	–
2-й этаж						
Для проведения брифингов (14)	771,9	96,5	50,2	63,6	15,8	41,5
Допустимые уровни					40	55
Превышение					–	–
3-й, 4-й этажи						
Рабочий кабинет (14)	753,8	94,2	50	63,3	15,6	41,1
Допустимые уровни					50	65
Превышение					–	–
5-й этаж						
Конференц-зал (12)	768,8	96,1	45,1	59,9	13,5	38,2
Допустимые уровни					40	55
Превышение					–	–

пути, при определении поправок необходимо рассчитанные значения шумовых характеристик потоков поездов привести к указанному расстоянию с помощью выражения:

$$L_{A31,4} = L_{A25} + 10 \lg \frac{25}{31,4} \quad (3)$$

Результаты измерений и расчетов приведены в табл. 1.

Из результатов видно, что для всех потоков можно принять поправку для шумовой характеристики в виде эквивалентного уровня звука $\Delta_{eq} = -16,6$ дБА и для максимального уровня звука $\Delta_{max} = -13,5$ дБА. Существенные значения поправок связаны не только с тем, что часть поездов проходила в подземном туннеле, но также с тем, что 50% замеренных поездов имели скорость существенно меньшую принятого в расчетах значения 50 км/ч.

В качестве времени оценки, для которого необходимо определять оценочные значения ожидаемых уровней шума в помещениях Центра, принят наиболее интенсивный период движения пригородных электропоездов по рассматриваемому участку железной дороги – час пик. По данным ГАУ «Институт Генплана Москвы», в указанное время осуществляется пригородное пассажирское движение, включающее 17 пар электропоездов на текущий период и 16 пар электропоездов на расчетный период.

В результате рассчитанные на время оценки шумовые характеристики потоков электропоездов составили:

- на текущий период $L_{Aeq25,3} = 70$ дБА;
 $L_{Amax25,3} = 83,2$ дБА;
- на расчетный период $L_{Aeq25,3} = 69,8$ дБА;
 $L_{Amax25,3} = 83,2$ дБА.

С учетом поправок на специфику рассматриваемого участка МЖД по табл. 1 получаем скорректированные значения шумовых характеристик:

- на текущий период $L_{Aeq25,3} = 53,3$ дБА;
 $L_{Amax25,3} = 68,9$ дБА;
- на расчетный период $L_{Aeq25,3} = 53,1$ дБА;
 $L_{Amax25,3} = 68,9$ дБА.

Для дальнейших расчетов с точностью до 0,2 дБ можно принять значения шумовых характеристик на текущий и расчетный периоды равными $L_{Aeq25,3} = 53,3$ дБА; $L_{Amax25,3} = 68,9$ дБА.

По полученным шумовым характеристикам потоков электропоездов выполнен расчет ожидаемых уровней шума в расчетных точках у фасадов Центра на высоте 1,5 м от уровней пола 1–5-го этажей. Всего для расчета было выбрано по четыре точки для каждого этажа. Схема расположения расчетных точек приведена на рисунке. Расчет выполняли с помощью программного комплекса АРМ Акустика (версия 3.2.6)

фирмы ООО «Технопроект» (Санкт-Петербург, Россия), реализующего в качестве расчетной методики положения ГОСТ 31295.2–2005 «Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета».

По значениям ожидаемых уровней звука L_{A2M} у фасада Центра был выполнен расчет уровней проникающего шума в помещения Центра с помощью выражения:

$$L_A = L_{A2M} - R_{\text{Атран}} + 10 \lg \frac{S_{\text{ост}}}{S_0} + 10 \lg \frac{4B_0}{B}, \quad (4)$$

где $R_{\text{Атран}}$ – индекс изоляции остекления рассматриваемого помещения для шума городского транспорта, дБ; $S_{\text{ост}}$ и B – площадь остекления и постоянная звукопоглощения рассматриваемого помещения, м^2 ; $S_0=1 \text{ м}^2$; $B_0=1 \text{ м}^2$.

Проектом предусмотрена установка витражей из алюминиевого профиля (типа «SCHUCO») с двухкамерным стеклопакетом. Предлагаемая конструкция витражей относится к 4-му классу с индексом изоляции звука 40–44 дБ по DIN 18005-1–2002. В расчете принят $R_{\text{Атран}}=40$ дБ.

В соответствии со структурой формулы расчет следует выполнять для помещений с наибольшими площадями остекления. По данным проекта это:

- на 1-м этаже – помещение для проведения вебинаров – РТ 2;
- на 2-м этаже – помещение для проведения брифингов – РТ 3;
- на 3-м и 4-м этажах – рабочие кабинеты – РТ 3;
- на 5-м этаже – конференц-зал – РТ 4.

Постоянную звукопоглощения помещения рассчитывают по СП 271.1325800.2016 «Системы шумоглушения воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила проектирования». Результаты расчета и сопоставления с допустимыми уровнями представлены в табл. 2.

В рассмотренных помещениях, а значит, и в остальных помещениях Центра уровни шума, создаваемые движением пригородных электропоездов на прилегающем участке МЖД, не превышают допустимых уровней.

Рассмотренный в настоящей работе метод прогнозирования уровня шума от железных дорог позволяет осуществлять прогноз для нетиповых случаев расположения путей, когда часть поездов проходит в туннеле.

На конкретном примере показано, что применение стандартных методов по ГОСТ 33325–2015 и СП 276.1325800.2016 в данных условиях приводит к существенно завышенным значениям шумовых характеристик потоков поездов, а следовательно, и

результатов прогноза и требует корректировки рассчитанных значений шумовых характеристик по результатам натуральных измерений.

Список литературы / References

1. О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2017 году / Под ред. А.О. Кульбачевского. М.: ДПиООС, 2018. 358 с.
1. O sostoyanii okruzhayushchei sredy v gorode Moskve v 2017 godu. Pod red. A.O. Kul'bachevskogo [About the state of the environment in Moscow in 2017. Edited by A.O. Kulbachevsky]. Moscow: DPiOOS, 2018. 358 p.
2. Dundurs A.J., Lacis M. Environmental noise and policy implication in Latvia. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. No. 471, pp. 143–148.
3. Grubliauskas R., Strukcinskiene B., Raistenskis J., Strukcinskaite V., Buck's R., Janusevicius T., Pereira P.A.S. Effects of urban rail noise level in a residential area. *Journal of Vibroengineering*. 2014, No. 16 (2), pp. 987–996.
4. Miedema H.M.E., Vos H. Exposure-response relationships for transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1998. No. 104 (6), pp. 3432–3445.
5. Yano T., Sato T., Morihara T. Dose-response relationships for road traffic, railway and aircraft noises in Kyushu and Hokkaido. *36th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2007, INTERNOISE 2007: Global approach to noise control*. 2007. No. 7, pp. 4115–4123.
6. Schreckenber D. Exposure-response relationship for railway noise annoyance in the middle rhine valley. *42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2013, INTERNOISE 2013: Noise Control for Quality of Life*. 2013. No. 6, pp. 4716–4725.
7. Lercher P., Kühner D., Lin H., Fiebig A. Psychoacoustic assessment of railway noise in sensitive areas and times: Is a rail bonus still appropriate? *42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2013, INTERNOISE 2013: Noise Control for Quality of Life*. 2013. No. 7, pp. 5407–5414.
8. Urban M., Máca V. Linking traffic noise, noise annoyance and life satisfaction: A case study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2013. No. 10 (5), pp. 1895–1915.
9. Tsukernikov I.E., Tikhomirov L.A., Nevenchannaya T.O. Projected Multifunctional Hotel Complex Noise Level Prediction from Railway Trains Passing

- (JSC «Russian Railways» Connecting Branch Section) with Sound Insulation Measures Development (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering). 2020. Vol. 753. Chapter 1. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/2/022078>.
10. Цукерников И.Е., Тихомиров Л.А., Соломатин Е.О., Салтыков И.П., Кочкин Н.А. Решение задач строительной акустики как фактора, обеспечивающего безопасность и комфортность проживания в зданиях // *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 49–52.
 10. Tsukernikov I.E., Tikhomirov L.A., Solomatin E.O., Saltykov I.P., Kochkin N.A. Solving problems of construction acoustics as a factor that ensures safety and comfort of living in buildings. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2014. No. 6, pp. 49–52. (In Russian).
 11. Цукерников И.Е., Шубин И.Л., Невенчанная Т.О. Современные требования к обеспечению нормативных параметров шума в жилых, общественных и производственных зданиях и на территории жилой застройки. *Нормативно технические документы, разработанные НИИСФ РААСН и введенные в 2016–2018 гг. VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Защита от повышенного шума и вибрации»*. Сб. докладов / Под ред. Н.И. Иванова. СПб., 2019. С. 57–70.
 11. Tsukernikov I.E., Shubin I.L., Nevenchannaya T.O. Modern requirements for ensuring the normative parameters of noise in residential, public and industrial buildings and on the territory of residential development. *Regulatory and technical documents developed by NIISF RAASN and introduced in 2016–2018 year VII vseros. scientific-practical Conf. with internat. – «Protection from increased noise and vibration»*. Collection of reports. Edited by N.I. Ivanov. Saint Petersburg, 2019, pp. 57–70.
 12. Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure. Position paper. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). Final Draft, Version 2, 13.01.2006.
 13. Аистов А. Оптимизация шумового режима многофункционального мультимодального транспортного узла «Сколково» // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 44–48.
 13. Aistov A. Optimization of the noise mode of the multifunctional multimodal transport hub «SKOLKOVO». *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2018. No. 6, pp. 44–48.

16–18 СЕНТЯБРЯ

XXV СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

БАЙКАЛЬСКАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ НЕДЕЛЯ

Специализированная выставка для тех, кому необходима информация из «первых рук» о строительных, отделочных материалах и технологических решениях для строительства, ремонта и проектирования. Также на выставке будут представлены самые модные направления дизайна и благоустройства дома.

г. Иркутск, ул. Байкальская, 253а,
тел.: +7 (3952) 35-29-00, e-mail: info@sibexpo.ru

www.sibexpo.ru

СибЭкспоЦентр

16+



УДК 623.137

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-15-20>

В.А. ИЛЬИЧЕВ^{1,2}, академик РААСН, д-р техн. наук (ilyichev@bk.ru);
Н.С. НИКИФОРОВА^{2,3}, д-р техн. наук (n.s.nikiforova@mail.ru);
А.В. КОННОВ², инженер (artem.konnov@gmail.com); Д.В. ЕМЕЛЬЯНОВ³, магистр

¹ Российская академия архитектуры и строительных наук (107031, г. Москва, Большая Дмитровка, 24, стр. 1)

² Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

³ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Реконструкция коммуникаций микротоннелированием на территории объектов культурного наследия

Рассматривается бестраншейная прокладка коммуникаций методом микротоннелирования под пряслон – участком крепостной стены между Сетуньской и Затрапезной башнями Новодевичьего монастыря в Москве – памятника федерального значения. Проектирование реконструкции коммуникаций на территории исторического архитектурного ансамбля проводилось при научном сопровождении работ, которое осуществлялось специалистами лаборатории «Основания, фундаменты и подземные сооружения» Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук. Работы по перекладке сетей проводились в сложных инженерно- и гидрогеологических условиях, характеризующихся наличием техногенных грунтов, слабых водонасыщенных грунтов – пылеватых песков, в том числе рыхлого сложения, высокого уровня подземных вод. Описывается технология производства работ по микротоннелированию. Приводится схема оборудования щита AVN 500, с помощью которого осуществлялась прокладка дождевой канализации под пряслон монастыря. Анализируются результаты определения перебора грунта V_L при микротоннелировании по формуле, рекомендуемой СП 249.1325800.2016 «Коммуникации подземные» для предварительной оценки величины V_L , эмпирической методике, а также по данным наблюдений за состоянием конструкции прясла после прохождения щита. Показано, что прокладка сетей методом микротоннелирования на территории исторических памятников обеспечивает их сохранность.

Ключевые слова: микротоннелирование, перебор грунта, объект культурного наследия, реконструкция коммуникаций, бестраншейная прокладка.

Для цитирования: Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Коннов А.В., Емельянов Д.В. Реконструкция коммуникаций микротоннелированием на территории объектов культурного наследия // *Жилищное строительство*. 2020. № 6. С. 15–20. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-15-20>

V.A. ILYICHEV^{1,2}, RAACS academic, Doctor of Sciences (Engineering), (ilyichev@bk.ru);

N.S. NIKIFOROVA^{2,3}, Doctor of Sciences (Engineering) (n.s.nikiforova@mail.ru);

A.V. KONNOV², engineer (artem.konnov@gmail.com); D.V. EMELIANOV³, master's student

¹ Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (24 stroenie 1, Bolshaya Dmitrovka, Moscow, 107031, Russian Federation)

² Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

³ National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Utilities Renovation by Microtunneling on Cultural Heritage Sites

The paper studies the trenchless installation of pipes by microtunneling method under a curtain wall (section between towers) between Setunskaya and Zatrpeznaya towers of the Novodevichy monastery – the architecture monument of Federal significance. Design of utilities reconstruction at the historical and architectural ensemble's site was done under scientific supervision. Scientific supervision was provided by the laboratory «Soil bases, foundations and underground structures» of the Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. Installation works on the utilities were conducted in difficult geological and hydrogeological conditions, characterized by the presence of anthropogenic soils, soft water saturated soils – fine sands, also of loose density, and a high ground water level. The technology of microtunneling works is described. A general layout of the AVN 500 shield is given which was used for the rainwater pipes installation under the monastery's curtain wall. The article analyzes the results of determining the soil overcut V_L during microtunneling according to the formula recommended by SP 249.1325800.2016 «Underground utilities» for preliminary assessment of the V_L value, by the empirical method, as well as from observation data of the curtain wall structure after the end of a shield boring. The article demonstrates that the installation of utilities by microtunneling on cultural heritage sites ensures their preservation.

Keywords: microtunneling, overcut, cultural heritage, utilities reconstruction, trenchless installation.

For citation: Ilyichev V.A., Nikiforova N.S., Konnov A.V., Emelianov D.V. Utilities renovation by microtunneling on cultural heritage sites. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2020. No. 6, pp. 15–20. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-15-20>

Новодевичий монастырь является выдающимся образцом православной архитектуры и ярким примером прекрасно сохранившегося монастырского комплекса, представляющего стиль московское барокко в архитектуре XVII в.

В связи с аварийным состоянием существующих инженерных сетей, проложенных в первой половине XX в. хозяйственным способом на территории исторического памятника, ООО «СК «Под ключ» был разработан проект создания комплекса коммунальной инфраструктуры с целью приспособления к современному использованию. Проект предусматривал устройство хозяйственно-бытовой канализации, дождевой канализации, водоснабжения, теплоснабжения, электроснабжения и сетей связи.

Специалисты лаборатории «Основания, фундаменты и подземные сооружения» НИИСФ РААСН выполняли работы по научному сопровождению проектирования, включающему геотехническую экспертизу проекта и разработку программы геотехнического мониторинга. Научное сопровождение работ было предусмотрено в связи с тем, что согласно указу № 496 от 20 мая 2013 г. Президента Российской Федерации В.В. Путина объект культурного наследия федерального значения «Ансамбль Новодевичьего монастыря» отнесен к особо ценным объектам культурного наследия народов Российской Федерации.

Характеристика объекта

Согласно ГОСТ 27751–2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» строительство инженерных сетей на территории Новодевичьего монастыря имеет геотехническую категорию 2, класс сооружений 2, уровень ответственности нормальный. Проект реконструкции сетей был разработан с учетом специальных технических условий (СТУ), поскольку приближение перекачиваемых сетей к существующим зданиям и сооружениям, включая коммуникации, не соответствовало нормам. СТУ содержали требования по прокладке коммуникаций в футлярах из стальных или полиэтиленовых труб, по проведению дополнительных изысканий, по применению организационно-технических мероприятий, исключающих возможности лавинообразного обрушения, по организации научно-технического сопровождения строительства, в том числе работ по геотехническому мониторингу.

Перекачка коммуникаций на территории памятника предусматривалась как открытым, так и закрытым способами. Глубина перекачки инженерных сетей составляла 3–5 м, а сетей связи – 0,7–1 м от поверхности.

Для Новодевичьего монастыря проект реконструкции дождевой канализации с укладкой труб на

естественное основание включал открытую прокладку труб КОРСИС в стальном футляре $D=630 \times 10$ мм, в железобетонной обойме, а также закрытую прокладку методом шнекового бурения и методом микротоннелирования для тех же труб. Длина участков открытой прокладки составляла 325,3 м, закрытой прокладки методом шнекового бурения – 223,4 м и методом микротоннелирования – 85,4 м.

Вопросы бестраншейной прокладки коммуникаций отражены в работах [1–7] и др.

При прогнозировании деформаций оснований окружающей застройки важно правильно назначить перебор грунта V_L – расчетный параметр, задаваемый при моделировании деформаций грунтового массива в результате проходки закрытой выработки, равный отношению площади кольцевого зазора между прокладываемой коммуникацией и контуром образуемой выработки (резания грунта) к площади поперечного сечения выработки с учетом степени заполнения зазора грунтом.

Рекомендуемые значения V_L для щитовой проходки тоннелей приведены в [8], для коммуникационных тоннелей – В.А. Ильичевым и др. [9–11].

В 2007 г. по заказу института «Мосинжпроект» АНО АНТЦ РААСН под руководством В.А. Ильичева выпустило «Рекомендации «Оценка влияния проходки коллекторов на осадки окружающих зданий и подземных сооружений», базирующиеся на полученных экспериментальным путем значениях перебора грунта при строительстве коммуникационных тоннелей методом щитовой проходки в инженерно-геологических условиях г. Москвы.

В табл. Ж1 Приложения Ж СП 249.1325800.2016 «Коммуникации подземные» даны ориентировочные значения перебора грунта для щитов с активным пригрузом, а п. Ж.3 содержит формулу для предварительной оценки V_L при микротоннелировании. При этом в п. 6.4.17 СП 249.1325800.2016 указывается, что перебор грунта при моделировании закрытой проходки следует назначать на основе опыта геотехнического мониторинга осадок поверхности земли при проходке выбранного (аналогичного выбранному) в проекте типа проходческого оборудования в сходных инженерно-геологических условиях. Однако исследования, направленные на установление величины V_L для микротоннелирования, в научной литературе широко не представлены.

Предметом публикации является определение перебора грунта при микротоннелировании в сложных инженерно-геологических условиях на примере строительства дождевой канализации под пряслон между Сетуньской и Затрапезной башнями Новодевичьего монастыря.

Инженерно-геологические условия площадки

Инженерно-геологический разрез сверху вниз представлен насыпными песками, подстилаемыми с глубины 1 м пылеватыми песками рыхлыми и средней плотности, влажными и водонасыщенными, ниже – с глубины 6 м – мягкопластичными глинами. Грунтовые воды залегают на глубине 2,3 м от поверхности (рис. 1).

Технология производства работ

При выводе дождевой канализации за пределы территории монастыря под прясом между Сетуньской и Затрапезной башнями требовалось применить метод закрытой проходки. Из анализа способов бестраншейной прокладки трубопроводов и критериев их выбора, представленного в докладе Д.В. Емельянова (руководитель Н.С. Никифорова) «Способы бестраншейной прокладки трубопроводов» на студенческой конференции НИУ МГСУ (Москва, 2020), можно заключить, что способ микротоннелирования пригоден для всех видов дисперсных грунтов. Скорость проходки составляет 1–2 м/ч. К достоинствам метода относится высокая точность проходки, возможность проведения работ во всем диапазоне инженерно-геологических и гидрогеологических условий (от слабых водонасыщенных грунтов до крепких скальных пород) без применения каких-либо специальных способов работ (замораживание, водопонижение, химическое закрепление грунтов и т. д.) [7], к недостаткам – дорогостоящее оборудование.

Микротоннелирование является полностью автоматизированным способом прокладки коммуникаций. Нужные параметры проходки, включая скорость, достигаются подбором режущего органа. Схема производства работ по микротоннелированию представлена на рис. 2, а, вид микроцита AVN в разрезе – на рис. 2, б.

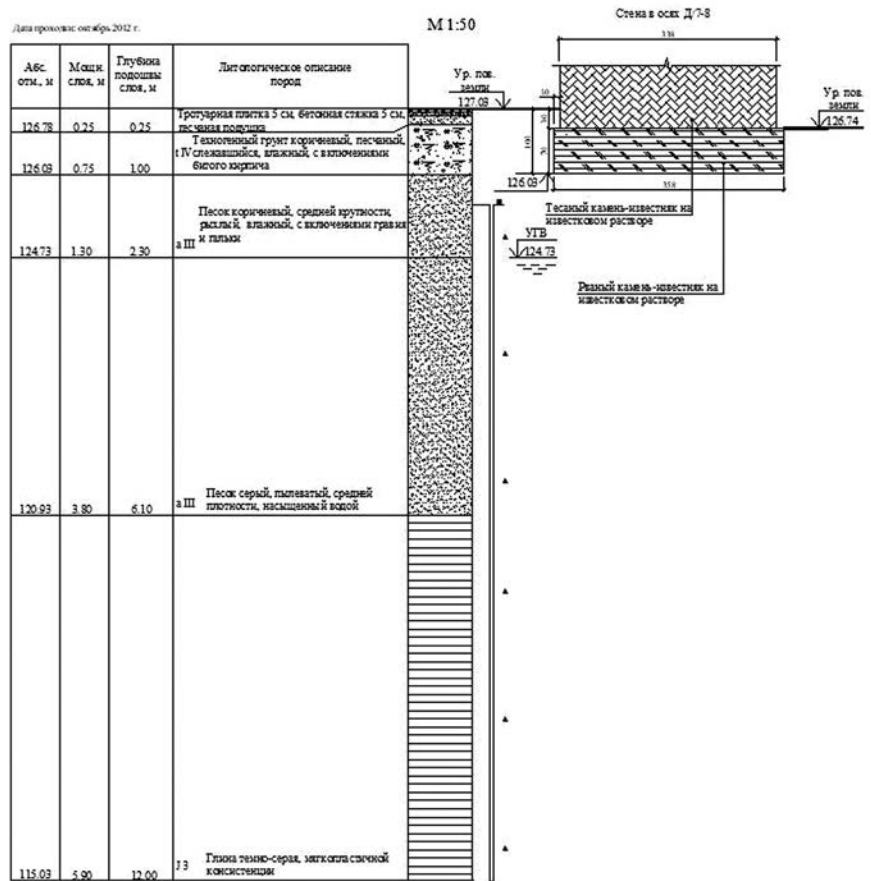


Рис. 1. Архивный шурф у здания Стрелецкой караульни Сетуньской башни
Fig. 1. Archive trial pit nearby Streleckaya karaulnya of Setunskaya tower

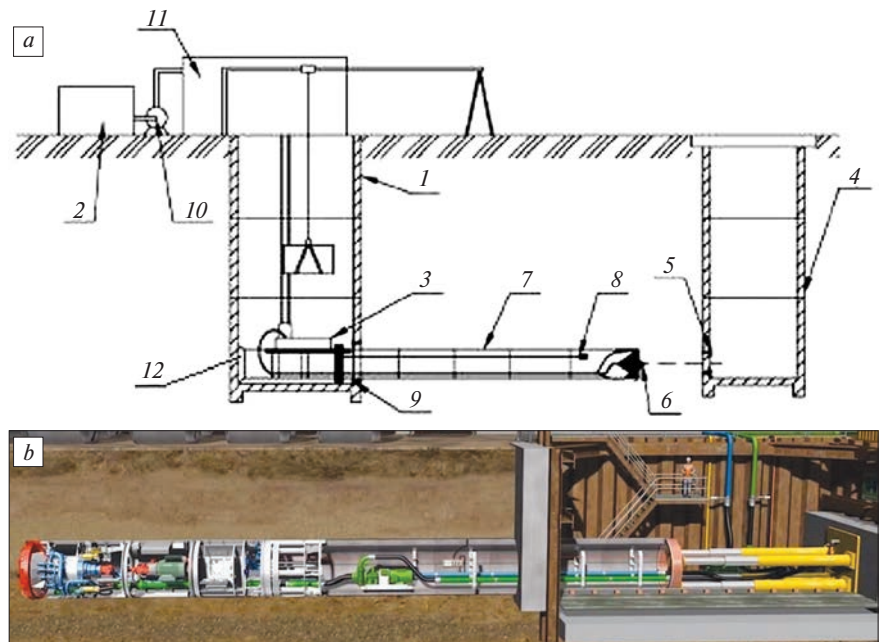


Рис. 2. Схема производства работ по микротоннелированию (а): 1 – рабочий котлован; 2 – отстойник; 3 – транспортирующий насос; 4 – приемный котлован; 5 – уплотнение в приемной шахте; 6 – AVN рабочий орган; 7 – трубы; 8 – лазер; 9 – стартовое уплотнение; 10 – питающий насос; 11 – контейнер управления; 12 – рама продавливания. Микроцит AVN в разрезе (б) (источник: herrenknecht.com)

Fig. 2. Microtunneling installations (a): 1 – jacking shaft; 2 – slurry settlement tank; 3 – slurry return pump; 4 – reception shaft; 5 – end seal; 6 – AVN cutting head; 7 – pipes; 8 – laser; 9 – start up seal; 10 – slurry feed pump; 11 – control and power distribution container; 12 – thrust block. Microtunneling boring machine AVN in the cross-section (b) (source: herrenknecht.com)

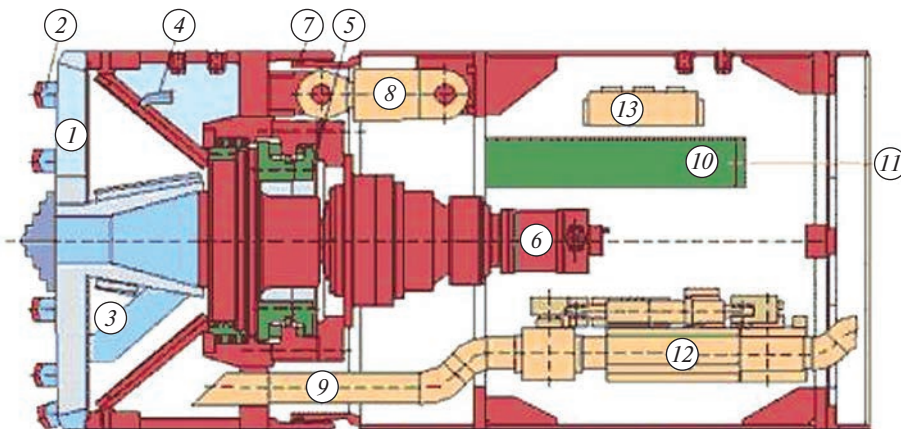


Рис. 3. Схема оборудования микрощита AVN: 1 – рабочий орган микрощита; 2 – режущие зубья из твердых сплавов; 3 – дробилка для измельчения породы; 4 – сопла; 5 – главный подшипник; 6 – силовой привод; 7 – перемычка; 8 – артикуляционные домкраты (управления); 9 – транспортные трубы; 10 – мишень; 11 – луч лазера; 12 – байпас; 13 – гидравлический блок [12]

Fig. 3. Layout of AVN boring machine: 1 – cutting wheel; 2 – hard metal tools; 3 – crusher space; 4 – cutting head nozzles; 5 – main bearing; 6 – rotation drive; 7 – articulation seal; 8 – steering cylinder; 9 – conveyor pipe; 10 – ELS target; 11 – laser beam; 12 – bypass; 13 – hydraulic block [12]

Реализация технологии микротоннелирования требует устройства двух котлованов (рабочего и приемного). В котлован спускаются и монтируются домкратные установки, производится монтаж микрощита. Вблизи рабочего котлована размещена установка, с помощью которой подают и нагнетают буровой раствор в забой.

Схема оборудования микрощита AVN представлена на рис. 3.

Дождевая канализация под пряслом между Сетуньской и Затрапезной башнями Новодевичьего

монастыря устраивалась с помощью микрощита AVN 500.

При начале работы на микрощит AVN 500 насосами подается вода на размыв через сопла и включается вращение находящегося в передней части рабочего органа. Одновременно домкраты продавливания начинают с заданной оператором скоростью проталкивать машину вперед. Образовавшая в результате смесь воды и частиц грунта – пульпа, удаляется транспортными насосами, установленными в тоннеле рядом с рамой продавливания в рабочем котловане микротоннельного комплекса.

По мере продвижения проходки, в рабочий котлован подаются отдельные звенья стальной обделки (трубы длиной 2–3 м), которые вдавливаются в грунт домкратами рамы продавливания. Через отверстия в дробилке микрощита вместе с водой измельченный грунт по трубам насосами подается на сепарацию, где происходит отделение твердых частиц от воды. Очищенная от большей части твердых включений вода повторно подается на размыв в микрощит, а твердый осадок (грунт) по мере накопления вывозится на свалку.



Рис. 4. Схема проложенной дождевой канализации под пряслом между Сетуньской и Затрапезной башнями Новодевичьего монастыря
Fig. 4. Scheme of installed rainwater pipes under curtain wall between Setunskaya and Zatrappaznaya towers of Novodevichy monastery



Рис. 5. Прясло между Сетуньской и Затрапезной башнями после прокладки под ним дождевой канализации
Fig. 5. Curtain wall between Setunskaya and Zatrappaznaya towers after installation of rainwater pipes under it

Все технологические и контрольные функции компьютеризированы. С помощью лазерной системы контролируется точность микропроходческого щита. Прокладка осуществляется до тех пор, пока щит не выйдет в приемный котлован. В приемном котловане производится демонтаж щита, а в рабочем демонтируют домкратную установку. Трубы остаются в качестве трубопровода в земле.

Микрощит проходил на глубине $H=2,7$ м от поверхности перпендикулярно оси прясла. Схема проложенной коммуникации под пряслом монастыря показана на рис. 4.

Расчеты деформаций основания прясла между Сетуньской и Затрапезной башнями при микротоннелировании, выполненные в ПК Plaxis 2D с использованием модели Hardening soil ООО «ПБ ГеоМ» (от прокладки коммуникации) и ООО «Подземпроект» (от водопонижения), показали, что суммарная осадка прясла равнялась 4,8 мм, что меньше дополнительной предельной величины 5 мм для зданий, имеющих статус памятника и категорию технического состояния конструкций III. Суммарная расчетная разность осадок, равная 0,00005, также не превысила нормативного значения 0,0004 (табл. К.1 Приложения К СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»).

Прогнозируемые деформации основания прясла с учетом деформаций от водопонижения не должны были превышать предельных значений, что и предопределило выбор технологии бестраншейной прокладки дождевой канализации – микротоннелирование.

При расчетах в ПК Plaxis 2D ООО «ПБ ГеоМ» учитывалось поэтапное устройство стального футляра $D=630 \times 10$ мм с применением закрытой прокладки при помощи комплекса AVN 500, включая моделирование нагнетания бентонитового раствора.

Согласно п. Ж.3 Приложения Ж СП 249.1325800.2016 «Коммуникации подземные» для предварительной оценки влияния прокладки подземных коммуникаций с применением микрощитов перебор грунта V_L , %, допускается принимать по формуле (1):

$$V_L = k_L \left[1 - \left(\frac{A}{A_s} \right) \right], \quad (1)$$

где V_L – перебор грунта, %; k_L – степень заполнения грунтом кольцевого зазора между прокладываемой коммуникацией и контуром образуемой выработки, для микрощитов рекомендуется принимать $k_L=40-80\%$; A – площадь поперечного сечения прокладываемой подземной коммуникации; A_s – площадь поперечного сечения закрытой выработки (резания грунта).

Для AVN 500 при стальном футляре $D_{наруж}=630$ мм $A=0,312$ м²; при диаметре $D_{рез}=665$ мм $A_s=0,347$ м².

Принимая среднее значение $k_L=60\%$, получаем $V_L=6,1\%$.

Фактический перебор грунта с учетом заполнения зазора между коммуникацией и выработкой V_L при микротоннелировании с использованием щита AVN 500 можно определить по формуле (2) [13]:

$$V_L = \frac{4 \cdot \sqrt{2} \cdot l_x \cdot S_{v \max}}{\sqrt{\pi} \cdot D^2} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где D – диаметр выработки; $S_{v \max}$ – максимальная осадка поверхности (по оси тоннеля); l_x – значение абсциссы точки перегиба кривой осадок.

По формуле (3), предложенной в [14], l_x определяется:

$$l_x = K' \cdot \frac{D}{2} \cdot \left(\frac{H}{D} \right)^n, \quad (3)$$

где n и K' – параметры, зависящие от типа грунта (для глин $K'=1$, $n=0,8-1$; для влажного гранулированного грунта $K'=0,74$, $n=0,9$; для сухого гранулированного грунта $K'=0,63$, $n=0,97$).

После окончания работ по микротоннелированию в прясле не возникло дополнительных дефектов (рис. 5). Можно сделать вывод, что деформации основания прясла с учетом водопонижения не превысили дополнительных предельных величин. Принимая $S_{v \max}=5$ мм; $l_x=0,865$ при $D=0,665$ м, $H=2,7$ м, $K'=0,74$, $n=0,9$, можно заключить, что значение перебора грунта V_L при микротоннелировании щитом AVN 500 составило 3%, что в два раза меньше значения, рассчитанного по формуле п. Ж.3 Приложения Ж СП 249.1325800.2016.

Такое же значение V_L приводят [8] для щитов без грунтопригруза (ТВМ) в мягких глинах и СП 249.1325800.2016 (табл. Ж1) для щитов с активным пригрузом в мелких и пылеватых водонасыщенных песках.

Выводы

При перекладке коммуникаций методом микротоннелирования под зданиями и сооружениями исторической застройки или памятниками истории, архитектуры и культуры с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях обеспечиваются нормативные значения деформаций основания застройки, а следовательно, ее сохранность.

Установлено, что значение перебора грунта в водонасыщенных пылеватых песках для микрощита AVN 500 при прокладке дождевой канализации под пряслом между Сетуньской и Затрапезной башнями Новодевичьего монастыря составило 3%, что в два раза меньше величины, рассчитанной по СП 249.1325800.2016.

Список литературы

1. Морозова Ю.А. Бестраншейная прокладка трубопроводов технологией горизонтального направленного бурения // *Инновационная наука*. 2018. № 11. С. 34–36.
2. Морозова Ю.А. Технология бестраншейной прокладки трубопроводов инженерных сетей // *Инновационная наука*. 2018. № 1 (5). С. 41–45.
3. Фетисова М.А., Горшков Д.Н., Страхов К.А. Прокладка трубопроводов без разрытия траншей // *Молодой ученый*. 2014. № 4. С. 287–289.
4. Лопатина А.А., Сазонова С.А. Анализ технологий укладки труб // *Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура*. 2016. № 1. С. 93–111.
5. Белецкий Б.Ф. Технология прокладки трубопроводов и коллекторов различного назначения. М.: Стройиздат, 1992. 327 с.
6. Дубенских М.С., Каргин А.А., Гилязидинова Н.В. Технологии бестраншейной прокладки коммуникаций. *Россия молодая: II Всероссийская научно-практическая конференция*. Кемерово, 2010. С. 397–399.
7. Корзун Н.Л., Балканов А.А. Обоснование применения микротоннелирования для прокладки инженерных сетей на урбанизированных территориях // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2014. № 1 (6). С. 50–66.
8. Castelli F., Motta E. Numerical analysis for provision of tunneling – induced ground deformation in granular soil. *5th International symposium «Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground*. Netherlands. 2005.
9. Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Тупиков М.М. Деформации поверхности при прокладке мелкозаглубленных коммуникационных тоннелей // *Строительство и реконструкция. Известия ОрелГТУ*. 2009. № 6/26 (574).
10. Ilyichev V.A., Konovalov P.A., Nikiforova N.S., Tupikov M.M. Prediction of surface deformations, caused by shallow service tunnels construction activities in Moscow. *Proc 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (17th ICSMGE)*. Egypt, Alexandria. 2009, pp. 1993–1996.
11. Исаев О.Н., Шарафутдинов Р.Ф. Перебор грунта при строительстве коммуникационных тоннелей щитовым способом // *Механизация строительства*. 2012. № 6. С. 2–7.
12. Martin Herrenknecht Microtunneling with Herrenknecht MicroMachines. *Soft Ground and Hard Rock Mechanical Tunneling Technology Seminar*. Colorado School of Mines. 2003, pp. 1–13.
13. Peck R.B. Deep excavation and tunnelling in soft ground. State of the art report. *Proc 7th Int Conf SMFE*. Mexico City. 1969, pp. 147–150.
14. Clough G.W., Schmidt B. Design and performance of excavations and tunnels in soft clay. *In Soft Clay engineering*. Brand, E.W. & Brenner, R. eds, 1981, pp. 569–634.

References

1. Morozova Yu.A. Trenchless pipeline laying using horizontal directional drilling technology. *Innovatsionnaya nauka*. 2018. No. 11, pp. 34–36. (In Russian).
2. Morozova Yu.A. Technology of trenchless laying of utility pipelines. *Innovatsionnaya nauka*. 2018. No. 1 (5), pp. 41–45. (In Russian).
3. Fetisova M.A., Gorshkov D.N., Strakhov K.A. Pipelines installation without opening trenches. *Molodoi uchenyi*. 2014. No. 4, pp. 287–289. (In Russian).
4. Lopatina A.A., Sazonova S.A. Analysis of pipe laying technologies. *Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2016. No. 1, pp. 93–111. (In Russian).
5. Beletskii B.F. Tekhnologiya prokladki truboprovodov i kollektorov razlichnogo naznacheniya [Technology of laying pipelines and collectors for various purposes]. Moscow: Stroyizdat, 1992. 327 p.
6. Dubenskikh M.S., Kargin A.A., Gilyazidinova N.V. Trenchless technologies of utilities installation. *Young Russia: II Russian scientific and practical conference*. Kemerovo. 2010, pp. 397–399. (In Russian).
7. Korzun N.L., Balkanov A.A. Justification for the use of microtunneling for utility systems installation in urban areas. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. 2014. No. 1 (6), pp. 50–66. (In Russian).
8. Castelli F., Motta E. Numerical analysis for provision of tunneling – induced ground deformation in granular soil. *5th International symposium «Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground*. Netherlands. 2005.
9. Ilyichev V.A., Nikiforova N.S., Tupikov M.M. Surface deformations induced by low-depth utility tunnels installation. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. Izvestiya OreIGTU*. 2009. No. 6/26 (574). (In Russian).
10. Ilyichev V.A., Konovalov P.A., Nikiforova N.S., Tupikov M.M. Prediction of surface deformations, caused by shallow service tunnels construction activities in Moscow. *Proc 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (17th ICSMGE)*. Egypt, Alexandria. 2009, pp. 1993–1996.
11. Isaev O.N., Sharafutdinov R.F. Soil overcut during construction of utility tunnels by shield method. *Mekhanizatsiya stroitel'stva*. 2012. No. 6, pp. 2–7. (In Russian).
12. Martin Herrenknecht Microtunneling with Herrenknecht MicroMachines. *Soft Ground and Hard Rock Mechanical Tunneling Technology Seminar*. Colorado School of Mines. 2003, pp. 1–13.
13. Peck R.B. Deep excavation and tunnelling in soft ground. State of the art report. *Proc 7th Int Conf SMFE*. Mexico City. 1969, pp. 147–150.
14. Clough G.W., Schmidt B. Design and performance of excavations and tunnels in soft clay. *In Soft Clay engineering*. Brand, E.W. & Brenner, R. eds, 1981, pp. 569–634.

100+ FORUM & EXPO

Международный форум
и выставка высотного
и уникального строительства

6-8 октября 2020 | Екатеринбург | forum-100.ru

СТИМ ЭКСПО

9-12
сентября

ВЫСТАВКА

КОМПЛЕКС РЕШЕНИЙ ДЛЯ СТРОЙКИ И РЕМОНТА

СТРОИТЕЛЬСТВО.
АРХИТЕКТУРА

ИНЖЕНЕРНЫЕ
РЕШЕНИЯ

4 000 м²

МАЛОЭТАЖНОЕ
ДОМОСТРОЕНИЕ



8 000
СПЕЦИАЛИСТОВ



БОЛЕЕ 100
ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ



50 КОНФЕРЕНЦИЙ
И СЕМИНАРОВ

Выставка «СТИМЭкспо» –
это уникальная возможность:

- УВЕЛИЧИТЬ ПРОДАЖИ И РАСШИРИТЬ ИХ ГЕОГРАФИЮ
- НАЙТИ ПРОВЕРЕННЫХ ПОСТАВЩИКОВ
- ПРЕЗЕНТОВАТЬ СВОЙ ПРОДУКТ

Ростов-на-Дону, пр. Нагибина, 30

☎ (863) 268-77-68; www.stimexpo.ru

РОДН
ЭКСПО
ЦЕНТР
ВЫСТАВКИ И СОБМТИ

УДК 771.11

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-22-28>В.И. РИМШИН¹, д-р техн. наук (v.rimshin@niisf.ru);
Е.С. КЕЦКО², магистр (kkuzzina@mail.ru); П.С. ТРУНТОВ¹, бакалавр¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)² Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
(127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

Этапы технического обследования конструкций административного здания

Рассмотрены этапы технического обследования нежилого здания административного назначения, представлены результаты обследования фундаментов и грунтов основания, стен, колонн, столбов, стоек, междуэтажных перекрытий и покрытия, лестниц, кровли. Цель обследования – выявление дефектов, определение текущего технического состояния конструкций, установление степени повреждения и категории технического состояния строительных конструкций. Для достижения поставленных целей выполнены следующие этапы работ: ознакомление с объектом обследования; обмерные работы в здании; визуальное обследование строительных конструкций изнутри с выявлением, классификацией и описанием дефектов; составление схем и ведомостей дефектов и повреждений; исследование коррозионного состояния строительных конструкций; камеральная обработка результатов; разработка рекомендаций для устранения выявленных дефектов и повреждения конструкций.

Ключевые слова: техническое обследование, несущие и ограждающие конструкции, визуальный осмотр, категории технического состояния.

Для цитирования: Римшин В.И., Кецко Е.С., Трунтов П.С. Этапы технического обследования конструкций административного здания // *Жилищное строительство*. 2020. № 6. С. 22–28.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-22-28>V.I. RIMSHIN¹, Doctor of Science (Engineering) (v.rimshin@niisf.ru);E.S. KETSKO², Master of Science (Engineering) (kkuzzina@mail.ru); P.S. TRUNTOV¹, Bachelor¹ National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)² Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
(21, Lokomotivnyi Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Technical Inspection Stages of Administrative Building Structures

The technical inspection stages of a non-residential administrative building are discussed in this article. The authors presents the survey results of foundations and soils, walls, columns, pillars, racks, floors, stairs, roofs. The survey purpose was to identify defects, determine the current technical structures condition, establish the damage degree and the technical condition category of building structures. The following types of work were performed in order to achieve the goals that set in this work: familiarization with the inspection object, building measurements, visual building structures inspection from the inside with the identification, classification and description of defects, drawing up diagrams and defects and damages statements, studying the corrosion building structures state, cameral results processing, recommendations development for eliminating identified defects and structural damage.

Keywords: technical inspection, supporting and enclosing structures, visual inspection, technical condition categories.

For citation: Rimshin V.I., Ketsko E.S., Trunov P.S. Technical inspection stages of administrative building structures. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2020. No. 6, pp. 22–28. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-22-28>

Техническое обследование зданий – комплекс мероприятий, направленных на установление эксплуатационных и технических характеристик зданий; определение целесообразности проведения капитального ремонта или реконструкции; выяснение обстоятельств, вызывающих аварии и отказы; прогнозирование дальнейшей эксплуатации конструкций (В.И. Римшин, Е.С. Кузина, Р.Д. Хамракулов. Анализ технического состояния несущих конструкций сооружений водоподготовки и водоотведения для последующего их усиления. В сборнике: Безопасность строительного фонда

России. Проблемы и решения: Материалы Международных академических чтений. М., 2019. С. 294–302; Е.А. Биланова. Технологические аспекты повышения качества капитального ремонта. *Дни студенческой науки: Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов Института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ*. М.: Издательство МИСИ–МГСУ, 2019. С. 479–483. Режим доступа: <http://mg-su.ru/resources/izdatelskayadeyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/mgsu.ru>) [1–2]. Этапы проведения

технического обследования могут меняться в зависимости от условий и состояния объекта [3–8].

Здание административного назначения, нежилое, с эксплуатируемым подвалом и первым этажом, построено в 1917 г. по индивидуальному проекту (по техническому паспорту). Согласно Федеральному закону от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», здание относится ко второму уровню ответственности. Рассматриваемый объект в осях А-В/1-6 представляет собой четырехэтажное здание с подвалом под всем зданием. Размеры в плане 48,91×10,64 м и высотой до 21,63 м. Высота помещений здания составляет порядка 14,19 м. Территория вокруг здания спланирована и благоустроена. Отмостка по периметру здания асфальтобетонная. Состояние отмостки неудовлетворительное, наблюдается поросль, разрушения на локальных участках, она повреждена трещинами, имеет щели и зазоры в местах примыкания к наружным стенам до 30 мм. На рис. 1 и 2 приведены обмерные чертежи плана 1-го этажа и фасада в осях 1–6.

Фундаменты здания и грунтов, непосредственно подстилающих их подошву. На основании результатов лабораторных исследований грунтов и анализа архивных материалов выявлено согласно ГОСТ 20522–2012 «Методы статистической обработки результатов испытаний» по совокупности всех признаков, что непосредственным основанием обследованных фундаментов здания служит песок крупный, средней плотности, малой степени водона-

сыщения. Применительно к существующей конструкции фундаментов здания было определено расчетное сопротивление грунтов основания R_0 . Расчетное сопротивление естественных грунтов основания рассчитано по формуле (5.7) СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» и находится в пределах 0,44–1,31 МПа. В ходе проводившегося обследования установлено, что фундаменты наружных и внутренних несущих стен здания – глубокого залегания, ленточного типа, выполнены в виде кладки из красного глиняного кирпича на известковом или цементно-песчаном растворе. При обследовании фундаментов и грунтов основания обнаружено отсутствие гидроизоляции конструкций фундаментов (рис. 3). Результаты проведенного обследования фундаментов и грунтов основания показали, что состояние опорного контура здания (фундаменты и грунты основания) согласно п. 3 и 10.9 СП 13-102–2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» следует оценивать как работоспособное.

Стены. В ходе проводившегося обследования установлено, что наружные и внутренние несущие стены подвала здания выполнены в виде кладки из красного глиняного кирпича на известковом или цементно-песчаном растворе, с общей толщиной 770 мм. Наружные и внутренние стены надземной части обследуемого здания выполнены в виде сплошной кирпичной кладки. Наружные стены выполнены с общей толщиной 770 мм. Внутренние стены лестничных клеток выполнены из красного полнотело-

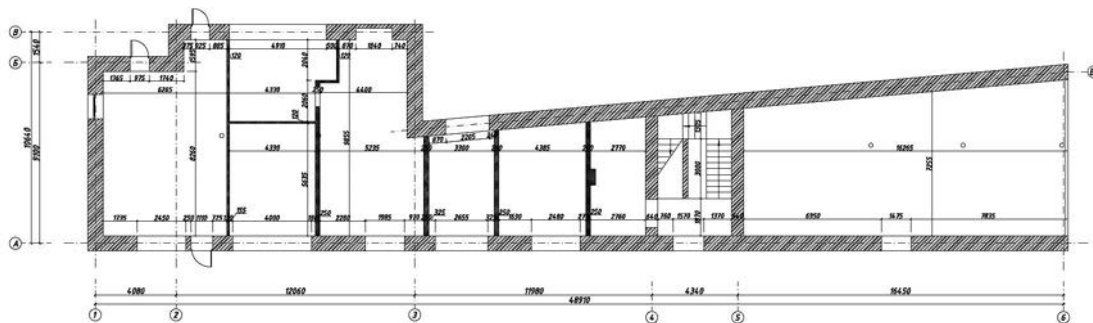


Рис. 1. План 1-го этажа
Fig. 1. 1st floor plan



Рис. 2. Фасад в осях 1–6
Fig. 2. Facade in axes 1–6

го керамического кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 640 мм, стены надземной части толщиной 640 мм (толщины наружных и внутренних стен даны с учетом отделочного слоя). Перегородки из кирпича керамического полнотелого, гипсокартонные и деревянные по алюминиевому профилю. Толщины перегородок 130–250 мм (толщина дана с учетом отделочного слоя). Перемычки над окнами и дверьми арочные, рядовые стальные, железобетонные сборные сечением 14(н)×12(б) и 20(н)×12(б) см. В результате обследования были выявлены следующие дефекты и повреждения. Фасады здания: увлажнение и шелушение поверхностей, выветривание наружных слоев, пониженная плотность, рыхлая структура, выпадение отдельных частиц материала, следы высолов, механические повреждения, сколы кирпичной кладки, вертикальные трещины с раскрытием 0,1–0,5 мм, пересекающие два и более ряда кладки, разрушение каменной кладки стен на глубину до 120 мм, сколы углов, выбоины, борозды (механические повреждения), выветривание наружных слоев. Повреждения материалов кладки, защитных и отделочных слоев наружных и внутренних стен и перегородок здания: увлажнение внутренней поверхности стен по всей площади или в различных зонах – неисправности оборудования, протечки из трубопроводов, постоянный конденсат на поверхности трубопроводов, отсутствие материала гидроизоляции стен подвала, разрушение штукатурного и окрасочного слоя внутренней поверхности стен (рис. 4). Вид дефектов каменной кладки стен в их цокольной части: следы намокания, сколы, трещины, разрушение, поросль отмоксти, разрушение штукатурного и окрасочного слоя, выветривание раствора кладки, сколы кирпичной кладки цоколя. В соответствии с п. 3 СП 13-102-2003 установлено: стены здания находятся в ограниченно работоспособном состоянии, участок стены здания в осях А-Б/1 и Б'/3-4 находится в аварийном состоянии. Перегородки здания находятся в ограниченно работоспособном состоянии.

Колонны. Для опирания несущих элементов перекрытия и покрытия внутри здания установлены кирпичные колонны, перевязанные с наружными кирпичными стенами, стальные колонны и деревянные стойки. Кирпичные колонны подвала и надземной части здания, перевязанные с наружными кирпичными стенами, выполнены из керамического полнотелого кирпича с выступом 120×850–1500 мм. Стальные колонны подвала и надземной части здания выполнены из профилей круглого сечения диаметром $\varnothing 200$ и 280 мм. При обследовании колонн, в местах доступных к осмотру, обнаружены следующие дефекты и повреждения: увлажнение внутренней поверхности колонн подвала (неисправности оборудования, про-



Рис. 3. Отсутствие материалов гидроизоляции стен подвала
Fig. 3. Lack of basement wall waterproofing materials



Рис. 4. Увлажнение поверхности стен, выветривание цементно-песчаного раствора, следы высолов
Fig. 4. Walls surface moistening, weathering of cement-sand mortar, efflorescence traces

течки трубопроводов, постоянный конденсат на поверхности трубопроводов, отсутствие материала гидроизоляции стен подвала, выветривание раствора кладки, отсутствие, шелушение, растрескивание штукатурного и окрасочного слоя (рис. 5). Деревянные элементы имеют следующие дефекты: древесина, из которой выполнены конструктивные элементы в виде стоек, не обработана антисептиком и антипиреном. Наблюдается увлажнение, поражение гнилью, в отдельных местах деревянные стойки имеют дефекты в виде трещин, расслоения древесины. В соответствии с п. 3 СП 13-102-2003 установлено: кирпичные колонны здания находятся в работоспособном состоянии, стальные колонны здания – в работоспособном состоянии, деревянные стойки (колонны) 4-го этажа здания – в аварийном состоянии.

Полы. В обследуемом здании выполнены следующие виды полов: бетонные полы, бетонная дорожная плитка, напольным покрытием служит деревянный



Рис. 5. Общий вид кирпичных колонн подвала. Увлажнение внутренней поверхности колонн подвала, выветривание раствора кладки
Fig. 5. The basement brick columns general view. Moisturizing the inner surface of the basement columns, weathering the masonry mortar

накат элементов перекрытия. В результате обследования выявлены следующие дефекты и повреждения: трещины и сколы отдельных плиток, истертость материалов, истертость материалов у дверей и в ходовых местах, в подвале здания местами отсутствует отделочное покрытие пола, увлажнение внутренней поверхности пола подвала вследствие неисправности оборудования, протечек трубопроводов, постоянный конденсат на поверхности трубопроводов. В соответствии с п. 3 СП 13-102–2003 установлено, что полы здания находятся в недопустимом состоянии.

Перекрытия и покрытие. Конструкции перекрытий определены на основании вскрытий, зондажей и визуального осмотра. Конструкции, используемые в перекрытиях и покрытии здания, разного вида. Перекрытия выполнены из монолитных участков, уложенных по стальным балкам из прокатного профиля, а также деревянного наката, устроенного по стальным балкам. Несущими элементами перекрытия подвала служат монолитные участки, уложенные по стальным балкам. Несущими элементами перекрытий надземной части здания служат монолитные участки и деревянный накат, уложенные по стальным балкам. Опорами для балок перекрытия цокольного этажа здания, уложенных вдоль буквенных и цифровых осей, служат наружные и внутренние несущие кирпичные стены, а также стальные колонны и деревянные стойки. Несущими элементами покрытия 4-го этажа здания служат деревянные наслонные стропила из бревен $\varnothing 160$ мм шагом 1,6–3,5 м. Шарнирный стык стропильных ног из бревен осуществляется косым прирубом на одном болте, на 1-м коньковом прогоне из бруса сечением 220×120 мм. Стойки под прогон выполнены из бревна $\varnothing 180$ мм. При обследовании перекрытий и покрытия здания обнаружены следующие дефекты и повреждения: следы протечек на поверхности элементов перекрытий; следы протечек, вздутия, шелушение окра-



Рис. 6. Обрушение конструкций перекрытия (штукатурки по дранке) вследствие проникания влаги с кровли здания
Fig. 6. Floor structures (shingles) collapse due to moisture penetration from the building roof

сочного и штукатурного слоя; разрушение защитного слоя бетона; коррозия арматуры на поверхности плит перекрытий; повреждения деревянного наката температурными воздействиями; открытые отверстия в монолитных участках перекрытия 1-го этажа; сильное поражение древесины гнилью, расслоение древесины, появление продольных и поперечных трещин. Надо отметить, что в некоторых частях здания помещений 4-го этажа было обрушение конструкций перекрытия (штукатурки по дранке) вследствие проникания влаги с кровли здания (рис. 6). Деревянные элементы покрытия (крыши) имеют следующие дефекты: древесина, из которой выполнены конструктивные элементы стропильной системы, не обработана антисептиком и антипиреном. Наблюдается увлажнение, поражение гнилью, прогибы стропильных ног до 20 мм, в отдельных местах деревянные стойки и стропила имеют дефекты в виде трещин раскрытием до 25 мм (рис. 7). Крепление отдельных конструктивных элементов стропильной системы выполнены на двух гвоздях, чего недостаточно, могут возникнуть разрывы в соединениях отдельных конструктивных элементов. Стальные элементы покрытия имеют следующие дефекты: разрушение антикоррозионных защитных покрытий и коррозионные повреждения металла и соединений, ослабление поперечных сечений элементов. В соответствии с п. 3 СП 13-102–2003 установлено, что несущие элементы перекрытий этажей здания находятся в ограниченно работоспособном состоянии, несущие элементы покрытия здания находятся в аварийном состоянии.

Кровля. Кровля металлическая по деревянной обрешетке, двухскатная. Водоотвод с кровли наружный неорганизованный. В результате обследования кровли были выявлены дефекты и повреждения: локальные участки замачивания элементов перекрытия протечками кровли, протечки, сырость на потолках и стенах, биологическое поражение древесины об-



Рис. 7. Увлажнение, гниение, прогибы стропильных ног до 20 мм, в отдельных местах деревянные стойки и стропила имеют дефекты в виде трещин раскрытием до 25 мм

Fig. 7. Humidification, decay, deflection of rafters up to 20 mm, in some places wooden racks and rafters have / cracks with an opening up to 25 mm

решетки на глубину до 2 мм, негерметично выполнены соединения кровельных листов из оцинкованного листа, намокание участков фасада, некачественное уплотнение фальцевых соединений, деформации отдельных листов, древесина, из которой выполнена обрешетка, не обработана антисептиком и антипиреном, карнизные сливы наружной части стен деформированы, погнуты, искривлены. Отсутствие организованной системы водоотведения (водоприемные желоба и водосточные трубы), что не обеспечивает организованный и нормальный отвод атмосферных осадков с кровли здания (рис. 8). В соответствии с п. 3 СП 13-102-2003 установлено, что кровля здания находится в ограниченно работоспособном состоянии.

Лестницы. В обследуемом здании располагаются П-образные сборные железобетонные одномаршевые лестницы и площадки, выполненные из бетонных ступеней, уложенные по стальным косоурам из профилей IN_№ 18; IN_№ 20; IN_№ 27. Площадки лестничной клетки опираются на стальные балки и кирпичные стены. Обнаружены следующие дефекты: сколы ступеней, потертости ступеней, разрушение защитного слоя бетона с оголением и коррозией арматуры, участки намокания на внутренней поверхности лестничных маршей, коррозия косоуров лестничных маршей, разрушение бетона с полным разрушением арматуры ступеней и площадок, потертости площадок, разрушение защитного слоя бетона с оголением и коррозией арматуры, коррозия косоуров лестничных площадок (рис. 9). Стены лестничных клеток частично оштукатурены и окрашены. В соответствии с п. 3 СП 13-102-2003 установлено, что лестничные марши и площадки здания находятся в ограниченно работоспособном состоянии.

Оконные блоки. Оконные блоки деревянные, двух- и трехстворчатые, с двойным остеклением. Также оконные заполнения выполнены из вакуумных стеклоблоков. Вакуумные стеклоблоки разбиты (око-



Рис. 8. Общий вид кровли. Участки повреждения кровельного покрытия (вздутия, блюдца, застои воды кровельного покрытия)

Fig. 8. General roof view. Damage areas to the roof covering



Рис. 9. Разрушение бетона с полным разрушением арматуры ступеней и площадок

Fig. 9. Concrete destruction with complete reinforcement destruction of steps and platforms

ло 15%), местами заделаны цементно-песчаным раствором. В соответствии с п. 3 СП 13-102-2003 установлено, что деревянные и вакуумные оконные блоки находятся в недопустимом состоянии.

Двери. Двери выполнены деревянными, стальными. Двери металлические, окрашены, деформированы, имеют повреждения обвязок и полотен, неплотности в притворах. Двери входов металлические и деревянные, имеют повреждения обвязок и полотен, неплотности в притворах. В соответствии с п. 3 СП 13-102-2003 установлено, что дверные блоки в недопустимом состоянии.

Выводы. На основании полученных результатов обследования для возможной дальнейшей эксплуатации несущих конструкций здания рекомендуется выполнить следующие мероприятия.

Выполнить гидроизоляцию поверхностей наружных и внутренних стен и колонн подвала по специально разработанному проекту. Не допускать утечки воды из инженерных коммуникаций здания. Отделочные покрытия наружной поверхности внутренних стен здания требуют капитального ремонта с полной или

частичной заменой штукатурки и полной перекраской, подготовкой поверхности и окраской за один раз. При увеличении нагрузок на существующие фундаменты необходимо выполнить перерасчет на проектные нагрузки, при этом требуется учесть изменение физико-химических свойств грунтов основания [9–11]. По результатам расчета при необходимости выполнить усиление или реконструкцию фундаментов на основании отдельно разработанного проекта. Восстановить гидроизоляцию фундаментов. Во время проведения данных работ установить геодезический мониторинг для наблюдения за осадкой здания.

Выполнить ремонт фасадов здания, с чисткой специальными смывками, которые снимают солевой налет с бетона, кирпича и природного камня. Выполнить вычинку кладки на поврежденных участках стен, восстановить кладку из полнотелого глиняного кирпича марки М100 на цементном растворе М50 с перевязкой с существующей кладкой, заделать швы кладки, выполнить расшивку и заделку имеющихся трещин в кирпичной кладке стен раствором, состоящим из цемента и эмульсии латекса, либо полимерцементным раствором марки типа ПЕНЕТРОН или Емасо. Отремонтировать кирпичную кладку стен, поврежденную увлажнением, методом переборки кирпича. С целью укрепления кладки стен, а также избавления от трещин необходимо выполнить инъектирование кирпичной кладки всех проблемных мест в несущих стенах. Выполнить просушку стен цокольного этажа, ремонт штукатурки стен цокольного этажа, герметизацию мест пересечения инженерных коммуникаций со стенами здания.

Разработать проект усиления стен в осях А-Б/1 и Б'/3-4 по расчету. Необходимо разработать и реализовать проект усиления несущих стен, для обеспечения пространственной жесткости. Очистить стены подвала от следов выщелачивания раствора, очистить поверхность стен от рыхлого раствора, восстановить горизонтальные и вертикальные швы. В случае увеличения нагрузок на существующие несущие элементы здания выполнить расчет стен на проектные нагрузки. В железобетонных элементах (плитах и перемычках), в местах отслоения защитного слоя бетона, провести зачистку арматуры от рыхлых слоев продуктов коррозии, заделать все трещины, после чего восстановить защитный слой бетона и обработать поверхность быстротвердеющими расширяющимися ремонтными составами типа Емасо или ПЕНЕТРОН. Демонтировать покрытие с последующим восстановлением нового, более современного.

При выполнении усиления участков стен и плит перекрытия выполнить временные страховочные мероприятия, обеспечивающие устойчивость существующих конструкций и безопасность производ-

ства работ (установить распорки, тяжи, стойки, обозначить места проходов людей и проезда техники и т. д.). Для приведения пола подвала в соответствии со СНиП 3.04.01–87 необходимо выполнить выравнивающую армированную стяжку из пескобетона М-200 с добавлением специальных полимерных или эпоксидных добавок или восстановить полы подвала на основании отдельно разработанного проекта с учетом требований СП 29.13330.2011 и СП 28.13330.2012 [4]. Состав пола рекомендуется принимать в соответствии с пособием МДС 31-1.98. Восстановить покрытие пола на железобетонных лестничных площадках и ступенях. Выполнить замену/демонтаж лестничных маршей и площадок на новые, на основании отдельно разработанного проекта. Восстановить примыкание гидроизоляции пола на стены и перегородки в помещениях сан-узлов в соответствии с требованиями нормативных документов на высоту не менее 200 мм [6].

Заменить оконные блоки на более современные – вакуумные стеклопакеты в ПВХ переплетах. Выполнить уплотнение и утепление примыкания окон к стенам здания. Восстановить отливы на окнах здания. Необходим ремонт кровли с полным снятием верхнего слоя по всей площади кровли здания и укладкой нового гидроизоляционного кровельного материала в соответствии с требованиями действующих строительных норм и правил, в том числе СНиП 3.04.01–82 [5]. Выполнить организованный водосток с кровли. Отремонтировать отмостку, обеспечив уклон не менее 5%. Отделочные покрытия всего здания требуют капитального ремонта с полной заменой штукатурки и полной перекраски, подготовкой поверхности и окраской за один раз.

Также рекомендуется установить мониторинг деформаций стен и фундаментов здания в соответствии с ГОСТ 31937–2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» и МГСН 2.07–01 «Основания, фундаменты и подземные сооружения». Необходимо заменить перемычки здания (около 60%), отремонтировать все дверные проемы. Все существующие металлические перемычки и балки следует зачистить от продуктов коррозии, покрыть антикоррозийными составами. Своевременно проводить плано-предупредительные ремонты конструкций сооружения (Е.С. Кузина. Современные методы обследования и расчета несущих железобетонных конструкций при реконструкции и переустройстве зданий. *Дни студенческой науки [Электронный ресурс]: Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов Института инженерно-экологического строительства и механизации* (Москва, 12–16 марта 2018 г.). М.: Издательство МИСИ–МГСУ, 2018. С. 306–314. Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniyaotkrdostupa/>

mgsu.ru) [8–9]. Все ремонтно-строительные работы выполнять с соблюдением мер по технике безопасности в соответствии с требованиями СНиП 12-03–2001 «Безопасность труда в строительстве. Ч. 1. Общие

требования», СНиП 12-04–2002 «Безопасность труда в строительстве. Ч. 2. Строительное производство», а также с соблюдением соответствующих норм и технологий.

Список литературы

1. Шрейбер К.К., Король Е.А. Теоретические аспекты формирования нормативно-методической базы капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. № 11 (134). С. 1473–1481.
2. Сумеркин Ю.А., Теличенко В.И. Оценка экологической безопасности придомовых территорий жилых районов // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 6. С. 75–79.
3. Кузина Е.С. Метод усиления несущих конструкций зданий и сооружений углеволокном // *Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения*. 2016. № 1. С. 165–170.
4. Кузина Е.С. Оценка технического состояния сооружений Московского метрополитена, попадающих в зону влияния строительства // *Университетская наука*. 2016. № 1 (1). С. 78–82.
5. Kuzina E., Rimshin V. Deformation monitoring of road transport structures and facilities using engineering and geodetic techniques // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2017. Т. 692. С. 410–416.
6. Римшин В.И., Кузина Е.С., Филькова Н.В. Методы технического обследования стен жилого дома в городе Москве для мероприятий в ходе капитального ремонта // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2017. № 8. С. 47–51.
7. Римшин В.И., Кузина Е.С., Филькова Н.В. Инженерные методы обследования жилого дома в городе Москва в ходе работ по программе капитального ремонта // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2017. № 7. С. 36–40.
8. Римшин В.И., Кузина Е.С., Неверов А.Н. Принципы инструментального обследования стен многоквартирного дома при организации капитального ремонта // *Недвижимость: экономика, управление*. 2017. № 2. С. 37–40.
9. Kuzina E., Rimshin V. Strengthening of concrete beams with the use of carbon fiber // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Т. 983. С. 911–919.
10. Римшин В.И., Трунтов П.С. Комплексное обследование технического состояния строительных конструкций, подвергшихся воздействию пожара // *Университетская наука*. 2019. № 2 (8). С. 12–16.
11. Теличенко В.И., Бенуж А.А., Мочалов И.В. Формирование комфортной городской среды // *Недвижимость: экономика, управление*. 2017. № 1. С. 30–33.

References

1. Schreiber K.K., King E.A. Theoretical aspects of the formation of the regulatory and methodological framework for the overhaul of the common property of apartment buildings. *Vestnik MGSU*. 2019. Vol. 14. No. 11 (134), pp. 1473–1481. (In Russian).
2. Sumerkin Yu.A., Telichenko V.I. Environmental Safety Assessment of Household Territories of Residential Areas. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017. No. 6, pp. 75–79. (In Russian).
3. Kuzina E.S. The method of reinforcing the supporting structures of buildings and structures with carbon fiber. Safety of the Russian construction fund. *Problemy i resheniya*. 2016. No. 1, pp. 165–170. (In Russian).
4. Kuzina E.S. Assessment of the technical condition of Moscow metro structures falling into the zone of influence of construction. *Universitetskaya nauka*. 2016. No. 1 (1), pp. 78–82. (In Russian).
5. Kuzina E., Rimshin V. Deformation monitoring of road transport structures and facilities using engineering and geodetic techniques. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2017. Vol. 692, pp. 410–416.
6. Rimshin V.I., Kuzina E.S., Filkova N.V. Methods of technical inspection of the walls of a residential building in the city of Moscow for activities during the overhaul. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2017. No. 8, pp. 47–51. (In Russian).
7. Rimshin V.I., Kuzina E.S., Filkova N.V. Engineering methods for the inspection of a residential building in the city of Moscow during the work of the capital repair program. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2017. No. 7, pp. 36–40. (In Russian).
8. Rimshin V.I., Kuzina E.S., Neverov A.N. The principles of instrumental examination of the walls of an apartment building in the organization of major repairs. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie*. 2017. No. 2, pp. 37–40. (In Russian).
9. Kuzina E., Rimshin V. Strengthening of concrete beams with the use of carbon fiber. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 983, pp. 911–919.
10. Rimshin V.I., Truntov P.S. Comprehensive survey of the technical condition of building structures exposed to fire. *Universitetskaya nauka*. 2019. No. 2 (8), pp. 12–16. (In Russian).
11. Telichenko V.I., Benuzh A.A., Mochalov I.V. Formation of a comfortable urban environment. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie*. 2017. No. 1, pp. 30–33. (In Russian).

УДК 621.317.385

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-29-34>

С.Г. ШЕЙНА¹, д-р техн. наук (rgsu-gsh@mail.ru); Н.П. УМНЯКОВА², канд. техн. наук;
П.В. ФЕДЯЕВА¹, канд. техн. наук (Fedyeva.polina@yandex.ru), Е.Н. МИНЕНКО¹, канд. техн. наук

¹ Донской государственный технический университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

² Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
(127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

Лучший европейский опыт внедрения энергосберегающих технологий в жилищном фонде Российской Федерации

Рассмотрены некоторые итоги реализации программных мероприятий для повышения энергоэффективности жилищного сектора. Представлен анализ сотрудничества с другими странами, исследованы направления и содержание взаимодействия России с некоторыми странами в части повышения энергетической эффективности жилищного фонда. Оценка новой нормативно-правовой базы показала, что Россия серьезно улучшила позицию в рейтинге среди стран по реализации политики энергоэффективности. В работе также рассмотрены основные направления развития политики зеленого строительства и сертификации зданий по международным стандартам. На примере реализации лучших европейских практик при строительстве новых жилых комплексов, сделан вывод о том, что проводимая деятельность по повышению энергоэффективности жилья безусловно имеет положительные результаты. Однако, как показывает европейский опыт, успех в стимулировании энергосбережения зависит не только от развитой законодательной базы и наличия технологий, но и от продуманной политики, проводимой среди населения и производителей энергетических ресурсов. На этой основе определены существующие политические и финансовые факторы, выступающие главным препятствием к повышению потребительских качеств жилья и комфортности проживания в существующих зданиях. Помимо развития нормативно-правовой базы и механизмов финансирования энергосбережения в жилищном строительстве, России предстоит большая работа по формированию экологичной культуры.

Ключевые слова: энергосберегающие технологии, жилые здания, энергоэффективность, строительство.

Статья подготовлена в рамках проекта программы Европейской комиссии ERASMUS+. Модуль Jean Monnet «Лучший европейский опыт энергосбережения» (E3SAVE) 611057-EPP-1-2019-1-RU-EPPJMO-MODULE.

Для цитирования: Шейна С.Г., Умнякова Н.П., Федяева П.В., Миненко Е.Н. Лучший европейский опыт внедрения энергосберегающих технологий в жилищном фонде Российской Федерации // *Жилищное строительство*. 2020. № 6. С. 29–34. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-29-34>

S.G. SHEINA¹, Doctor of Sciences (Engineering); N.P. UMNIAKOVA², Candidate of Science (Engineering);
P.V. FEDYAIEVA¹, Candidate of Science (Engineering) (fedyeva.polina@yandex.ru), E.N. MINENKO¹, Candidate of Science (Engineering)

¹ Don State Technical University (1, Gagarina Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation)

² Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
(21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

The Best European Experience in Implementing Energy-Saving Technologies in the Housing Stock of the Russian Federation

The article considers some results of the implementation of program measures to improve energy efficiency in the housing sector. The analysis of cooperation with other countries is presented, the directions and content of Russia's interaction with some countries in terms of improving the energy efficiency of the housing stock are studied. The assessment of the new regulatory framework showed that Russia has significantly improved its position in the rating among countries for implementing energy efficiency policies. The paper also considers the main directions of development of the policy of «green construction» and certification of buildings according to international standards. Based on the example of the implementation of best European practices in the construction of new residential complexes, it is concluded that the ongoing activities to improve the energy efficiency of housing certainly has positive results. However, as the European experience shows, success in promoting energy conservation depends not only on a developed legal framework and the availability of technologies, but also on a well-thought-out policy among the population and energy resource producers. On this basis, the existing political and financial factors that are the main obstacle to improving the consumer quality of housing and the comfort of living in existing buildings are identified. In addition to developing the legal framework and mechanisms for financing energy saving in housing construction, Russian still has a lot of work to do to create an eco-friendly culture.

Keywords: energy-saving technologies, residential buildings, energy efficiency, construction.

This article was prepared as part of the European Commission's ERASMUS+ project. Jean Monnet module «Best European energy saving experience» (E3SAVE) 611057-EPP-1-2019-1-RU-EPPJMO-MODULE.

For citation: Sheina S.G., Umnyakova N.P., Fedyeva P.V., Minenko E.N. The best European experience in implementing energy-saving technologies in the housing stock of the Russian Federation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2020. No. 6, pp. 29–34. (In Russian).

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-29-34>

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности зданий – главные направления достижения энергетической безопасности и устойчивого развития как отдельно взятой страны, так и планеты в целом. Бесспорными лидерами в нормативно-правовой и технологической сферах энергосбережения выступают европейские страны, которые одними из первых столкнулись с проблемой дефицита энергетических ресурсов и осознали важность вопроса их рационального потребления. За прошедшие с момента первых энергетических кризисов более чем 40 лет европейскими странами накоплен значительный опыт проектирования и строительства зданий с низким уровнем энергопотребления и повышенными характеристиками в части экологической безопасности, комфорта.

При решении проблемы энергосбережения в Европейском союзе (ЕС) особое внимание уделяется применению нетрадиционных, возобновляемых источников энергии, охране окружающей среды и борьбе с изменением климата. Для достижения этих целей Европейским союзом принята Директива 2009/28/ЕС «О стимулировании использования энергии из возобновляемых источников», в соответствии с которой странами ЕС поставлена цель к 2020 г. производить 20% энергии с помощью ВИЭ и на 20% снизить потребление первичной энергии и выбросов парниковых газов в атмосферу. Для снижения энергоемкости жилищного фонда стран ЕС в соответствии со статьей 9 Директивы 2010/31/EU EPBD установлено, что характеристики энергоэффективности всех вновь строящихся зданий к концу 2020 г. во всех странах Евросоюза должны соответствовать аналогичным показателям зданий с минимальным или нулевым потреблением энергии [1]. Кроме того, Европейский союз ввел ряд правил, директив и инициатив по поддержке и поощрению других государств в целях повышения энергоэффективности в различных секторах, включая строительную отрасль.

Россия активно вступила в глобальный процесс энергосбережения сравнительно недавно, в 2009 г. С этого времени достижение энергетической эффективности различных отраслей экономики стало приоритетной задачей развития государства, основой национальной безопасности и формирования устойчивой экономики. Понимание государственной важности решения проблемы энергосбережения, необходимости снижения энергоемкости ВВП и повышения конкурентоспособности российских товаров на мировом рынке нашло свое подтверждение в Энергетической стратегии России, а также отнесении энергоэффективности и энергосбережения в 2011 г. к приоритетным направлениям развития науки, техники и технологий в РФ.

Для преодоления имеющегося в нашей стране технологического отставания в области энергосбережения от стран-лидеров предпринимаются необходимые усилия по созданию совместных проектов, касающихся строительства, а также по приведению энергосберегающей политики в соответствие с международными, в том числе европейскими стандартами [2]. В основе взаимосвязей России и Европейского союза в части энергосбережения лежит Соглашение о партнерстве и сотрудничестве, Дорожная карта сотрудничества России и ЕС в сфере энергетики до 2050 г. и другие стратегические документы о партнерстве. Помимо Европейского союза, Россия также поддерживает активное взаимодействие по вопросам энергосбережения с Германией, США, Великобританией, Китаем (табл. 1).

Ключевыми документами для отработки механизмов энергоресурсосбережения на начальном этапе решения вопросов повышения энергоэффективности и энергосбережения в России стали Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», принятый в 2009 г., и утвержденная Правительством РФ в 2010 г. государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Стоит отметить, что в целом итоги на первоначальном этапе реализации государственной политики в обла-

Таблица 1
Table 1

Направления и содержание взаимодействия России с некоторыми странами мира
Directions and content of Russia's interaction with some countries of the world

Мероприятия по взаимодействию и страны-участницы
Германия
Создано Российско-германское энергетическое агентство (RUDEA). Агентство по сути является платформой для практической реализации международного партнерства между Россией и Германией. На основе внедрения рациональных и экологически чистых способов выработки призвано способствовать использованию потенциала энергосбережения в России. Цель – продвижение способов преобразования и использования энергии, реализации пилотных проектов в области эффективного использования ресурсов.
США
Создана рабочая группа по энергоэффективности и энергетике Российско-американской президентской комиссии. Сотрудничество подразумевает работу в нескольких направлениях, таких как реализация пилотных проектов по созданию интеллектуальной электроэнергетической системы, создание механизмов инвестиционной поддержки в сфере энерго- и ресурсоэффективности, федеральная программа по управлению энергопотреблением в сферах экономики и строительства.
Великобритания
В 2009 г. подписан Меморандум о создании механизмов сотрудничества в области энергоэффективности и возобновляемых источников энергии между Министерством энергетики России и Министерством энергетики и борьбы с изменением климата Великобритании. Обозначены национальные и региональные стратегии стимулирования энергоэффективности, в том числе приоритетные направления сотрудничества, включая экономические и налоговые инициативы, создание действенных систем управления энергосбережением.



Рис. 1. Жилой комплекс «Современник», г. Казань
Fig. 1. Residential complex «Sovremennik», Kazan



Рис. 2. Жилой комплекс «Ожогоино», г. Тюмень
Fig. 2. Residential complex «Ozhogino», Tyumen

сти энергосбережения для жилищного фонда России были неоднозначными. Наиболее значимыми среди них являются:

- создание и запуск мер государственной поддержки энергоэффективности и энергосбережения;
- подготовка и запуск нормативно-правовой базы в области энергоэффективности жилищного фонда;
- реализация пилотных проектов по энергосбережению и энергоэффективности.

На сегодняшний день в России насчитывается порядка 70 нормативно-правовых актов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Создание новой нормативно-правовой базы серьезно улучшило позицию России в рейтинге среди стран по реализации политики энергоэффективности [2]. Согласно сравнительному анализу и методу количественной оценки показателей экологической политики государств мира Россия в 2016 г. заняла 32-е место из 178. Страна улучшила экологическую эффективность на 24%, о чем свидетельствует индекс экологической эффективности EPI (Environmental Performance Index) [3, 4].

6 апреля 2018 г. вступил в силу приказ Минстроя России от 17 ноября 2017 г. № 1550/пр, содержащий новые требования к уровню энергетической эффективности зданий. Для вновь строящихся зданий, включая многоквартирные жилые дома, предусмотрены обязательные технические требования для достижения вводимых сразу показателей и, кроме того, дополнительные технические требования, выполнение которых сможет обеспечить ужесточаемые в последующие периоды показатели (с 1 января 2023 г. – на 40%; с 1 января 2028 г. – на 50% от «базового уровня»). Кроме того, с 1 января 2023 г. приказом Минстроя № 1550/пр утверждено, что для проектируемых, реконструируемых, капитально ремонтируемых зданий (за исключением многоквартирных домов) необходимо не менее 10 кВт·ч/м³ в год энергии получать от возобновляемых, альтернативных источников энергии и вторичных энергоресурсов и не менее 20 кВт·ч/м³ в год – с 1 января 2028 г.

Таким образом, новые требования достаточно жестко регламентируют параметры по теплозащите, расходу тепловой энергии на отопление и горячее

Таблица 2
Table 2

Расчет изменения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий по периодам реализации приказа № 1550/пр
Calculation of changes in the specific heat consumption for heating and ventilation of buildings for the periods of implementation of order No. 1550 / PR

Населенный пункт	Период действия норм	Значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию в зависимости от этажности многоквартирного дома, кВтч/м ² в год				
		2 этажа	5 этажей	9 этажей	12 этажей	23 этажа
Краснодар	с 01.07.2018 г.	112,95	244,87	391,65	474,73	909,89
	с 01.01.2023 г.	84,71	183,65	293,74	356,05	682,42
	с 01.01.2028 г.	70,6	153,04	244,78	296,7	568,68
Ростов-на-Дону	с 01.07.2018 г.	155,91	338	540,61	655,28	1 255,96
	с 01.01.2023 г.	116,93	253,5	405,46	491,46	941,97
	с 01.01.2028 г.	97,45	211,25	337,88	409,55	784,97
Москва	с 01.07.2018 г.	202,58	439,17	702,42	851,42	1 631,89
	с 01.01.2023 г.	151,93	329,38	526,82	638,57	1 223,92
	с 01.01.2028 г.	126,61	274,48	439,01	532,14	1 019,93
Казань	с 01.07.2018 г.	238,88	517,85	828,28	1 003,97	1 924,28
	с 01.01.2023 г.	179,16	388,39	621,21	752,98	1 443,21
	с 01.01.2028 г.	149,3	323,66	517,67	627,48	1 202,67

водоснабжение, вводят с 2023 г. требования к использованию ВИЭ в качестве источника энергии на отопление зданий, что задает новые европейские стандарты качества для строительства жилья [5–8]. Однако, несмотря на последовательное ужесточение российских норм в области энергосбережения, объем энергоресурсов, расходуемых российскими зданиями, все еще выше европейских стандартов [8, 9]. В табл. 2 представлены результаты расчета удельной величины расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий в четырех городах России, соответствующей приказу Минстроя 1550/пр [6, 7]. Так, например, согласно приказу для двухэтажных жилых зданий, расположенных в г. Краснодаре, с 2020 г. требования к уровню энергетической эффективности будут выполнены, если среднее значение уровня энергопотребления на отопление и вентиляцию зданий будет составлять порядка $112,9 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год (табл. 2) [10, 11]. Для сравнения, согласно Директиве 2010/31/EU EPBD с 2020 г. все вновь построенные здания должны иметь уровень энергопотребления на отопление менее $45 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, а здания, отвечающие немецкому стандарту пассивного дома, должны потреблять еще меньше энергии – менее $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год на отопление и менее $120 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год на отопление, горячее водоснабжение и электроснабжение.

Внедрение лучших мировых практик при проектировании и строительстве зданий в России также осуществляется на основе применения международных зеленых стандартов LEED, BREEAM, DGNB. Мировой опыт сертификации зданий составляет более 20 лет. Число сертифицированных в системе LEED и BREEAM объектов составляет более 124 и 572 тыс. зданий соответственно. В России развитие зеленого строительства осуществляется как по международным, так и по национальным стандартам: ГОСТ Р 54954–2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости», СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011 «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания» [12, 13]. Опираясь на опыт ведущих зарубежных стран, Научно-исследовательским институтом устойчивого развития в строительстве в России была разработана профессиональная система оценки энергоэффективности – система сертификации GREEN ZOOM.

За последние годы в России значительно вырос рынок зеленого жилищного строительства. Примером могут служить многочисленные проекты в разных городах России. Так, в 2016 г. в Казани начато строительство одного из крупнейших в России энергоэффективных жилых комплексов с использованием инновационных ресурсосберегающих технологий и высококачественных материалов (ЖК «Манхэттен»).

Для минимизации энергетических затрат и снижения негативного воздействия на окружающую среду на зданиях жилого комплекса будут установлены фотоэлектрические батареи [14].

Другими примерами могут служить жилой комплекс SkandiKlubb (Санкт-Петербург); жилой комплекс комфорт-класса «Ожогоино» (Тюмень); жилой комплекс «Современник» (Казань), сертифицированный по международному стандарту BREEAM; экокомплекс «Триумф Парк» (Санкт-Петербург) и т. д.

При строительстве зданий жилого комплекса «Современник» (рис. 1) была использована система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла, современные энергоэффективные материалы и инженерное оборудование, установлено светодиодное освещение с датчиками движения. Это обеспечило зданиям наивысший класс энергоэффективности А+.

На объектах ЖК «Ожогоино» (рис. 2) реализованы следующие мероприятия:

- устройство вентиляции с рекуперацией тепла;
- установка на отопительных приборах термостатических вентилей;
- применение водосберегающего санитарно-технического оборудования, автоматизированных систем учета потребления воды и электроэнергии;
- создание индивидуальных источников тепла (котельных);
- устройство энергоэффективного освещения.

Помимо зеленых стандартов, отвечающих за создание энергоэффективных, экологических и комфортных зданий, в Европе активно разрабатываются технологии, направленные на создание зданий с ультранизким уровнем энергопотребления (например, пассивные здания), зданий с нулевым энергопотреблением и зданий «энергия плюс». На сегодняшний день более 20 тыс. зданий в Германии построено по стандартам пассивного дома, а в ряде европейских стран, например в Дании и Финляндии, разработаны целевые государственные программы по приведению объектов опорного жилищного фонда к условно-пассивному уровню, т. е. к уровню энергопотребления на отопление менее $30 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год. В 2012 г. во Франции был введен стандарт на строительство пассивных зданий, а с 2020 г. – зданий «энергия плюс». В Ирландии стандарт пассивных зданий существует с 2013 г., в Финляндии – с 2015 г. В России реализация подобных проектов носит преимущественно частный характер, так как системные меры по поддержке данного направления в настоящее время отсутствуют. Тем не менее появляются объекты, приближенные к стандарту пассивного дома и домов с низким и ультранизким потреблением тепла на отопление.

Большое внимание в Европе уделяется проблеме повышения уровня энергетической эффективности

ранее построенных зданий. В Германии, например, на энергоэффективную реконструкцию зданий уже потрачено более 1,5 млрд евро, разработаны программы финансирования реконструкции: владельцам жилья предоставляются налоговые льготы в размере 20%, а также банковские кредиты с низкой процентной ставкой. В России также существует необходимость улучшения энергетических характеристик зданий, составляющих опорный жилищный фонд российских городов. Главным препятствием на пути решения этой задачи выступает ограниченность финансовых ресурсов. Фонд содействия реформированию ЖКХ обеспечивает проведение работ по капитальному ремонту зданий с повышением уровня их энергетической эффективности, но средств на массовый капитальный ремонт явно недостаточно, привлечение дополнительных средств собственников квартир пока не представляется возможным. Внедрение энергосберегающих технологий для многих собственников жилья является высокозатратным и долгосрочным с точки зрения окупаемости мероприятием [15]. Существующая в Европе практика роста стоимости недвижимости на 15–20% за счет проведения мероприятий по повышению энергоэффективности и соответственно повышению потребительских качеств жилья и комфортности проживания в нашей стране в отношении жилой недвижимости эко-

ном- и комфорт-класса не работает. Именно поэтому в России пока не удается в полной мере реализовать ответственность собственника жилья за принятие мер по повышению его энергоэффективности.

Проводимая деятельность в России по повышению энергоэффективности жилья безусловно имеет положительные результаты. Доказательством тому служат приведенные выше примеры «зданий будущего», которые наглядно показывают успешность реализации на практике рационального подхода к потреблению ресурсов зданиями, бережного отношения к окружающей природной среде при сохранении или повышении уровня комфортности жилья.

Помимо развития нормативно-правовой базы и механизмов финансирования энергосбережения в жилищном строительстве, нашей стране еще предстоит большая работа по формированию экологичной культуры, культуры энергосбережения. Как показывает европейский опыт, успех в стимулировании энергосбережения зависит не только от развитой законодательной базы и наличия технологий, но и от продуманной политики, проводимой среди населения и производителей энергетических ресурсов. Эта политика формирует потребительскую культуру, воспитывает бережное отношение к энергоресурсам, обучает потребителей методам энергосбережения.

Список литературы

1. Яковлев А.С., Барышева Г.А. Энергоэффективность и энергосбережение в России на фоне опыта зарубежных стран // *Известия Томского политехнического университета*. 2012. Т. 231. № 6. С. 25–30.
2. Башмаков И.А., Башмаков В.И. Сравнение мер российской политики повышения энергоэффективности с мерами, принятыми в развитых странах. М.: Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ), 2012. 67 с.
3. Мингалева Ж.А., Депутатова Л.Н., Старков Ю.В. Применение рейтингового метода оценки эффективности государственной экологической политики: сравнительный анализ России и зарубежных стран // *Ars Administrandi (Искусство управления)*. 2018. Т. 10. № 3. С. 419–438. DOI: 10.17072/2218-9173-2018-3-419-438
4. Blanc I., Friot D., Margni M., Jolliet O. Towards a New Index for Environmental Sustainability Based on a DALY Weighting Approach // *Sustainable Development*. 2008. Vol. 16. № 4. pp. 251–260. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.376>
5. Umnyakova N.P. Heat exchange peculiarities in ventilated facades air cavities due to different wind speed // *Advances and Trends in Engineering*

References

1. Yakovlev A.S., Barysheva G.A. Energy efficiency and energy saving in Russia against the background of the experience of foreign countries. *Izvestiya Tomsk Polytechnic University*. 2012. Vol. 321, No. 6, pp. 25–30. (In Russian).
2. Bashmakov I.A., Bashmakov V.I. Sravnenie mer rossiskoi politiki povysheniya energoeffektivnosti s merami, prinyatymi v razvitykh stranakh [Comparison of measures of the Russian energy efficiency policy with measures taken in developed countries]. Moscow: Center for effective energy use (CENEF). 2012. 67 p.
3. Mingaleva Zh.A., Deputatova L.N., Starkov Y.V. Application of the rating method of estimation of efficiency of state environmental policy: comparative analysis of Russia and foreign countries. *Ars Administrandi (Art of management)*. 2018. Vol. 10, No. 3, pp. 419–438. (In Russian). DOI: 10.17072/2218-9173-2018-3-419-438
4. Blanc I., Friot D., Margni M., Jolliet O. Towards a New Index for Environmental Sustainability Based on a DALY Weighting Approach // *Sustainable Development*. 2008. Vol. 16, No. 4, pp. 251–260. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.376>
5. Umnyakova N.P. Heat exchange peculiarities in ventilated facades air cavities due to different wind speed. *Advances and Trends in Engineering Sciences and*

- Sciences and Technologies II*. CRC Press, Taylor & Francis Group, London, UK. 2017. Pp. 655–660.
6. Басов А.В. Техническое регулирование и стандартизация в строительстве // *Жилищное строительство*. 2019. № 1–2. С. 3–7. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-1-2-3-7>
 7. Седаш Т.Н. Использование зарубежного опыта повышения энергоэффективности в российской экономике // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2013. № 9 (147). С. 30–35.
 8. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О нормировании теплозащиты и требованиях расхода энергии на отопление и вентиляцию в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // *Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура*. 2013. № 31–2 (50). С. 468–474.
 9. Гаевская З.А., Лазарева Ю.С., Лазарев А.Н. Хронология изменений требований к энергоэффективности зданий // *Молодой ученый*. 2016. № 18 (122). С. 68–72. URL: <https://moluch.ru/archive/122/33657/> (дата обращения: 24.04.2020).
 10. Шеина С.Г., Миненко Е.Н. Оценка устойчивости, достигаемой зданием за счет реализации энергоресурсосберегающих решений // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 4. URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4398 (дата обращения: 24.04.2020).
 11. Sheina S.G., Minenko E.N. and Sakovskaya K.A. Complex Assessment of Resource-Saving Solutions Efficiency for Residential Buildings Based on Sustainability Theory // *MATEC Web of Conferences – International Conference on Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017)*. 2017. Vol. 129. Modern–Number of article 05020 (2018).
 12. Шеина С.Г., Миненко Е.Н. Зеленое строительство как основа устойчивого развития городских территорий // *Недвижимость: экономика, управление*. 2015. № 2. С. 55–60.
 13. Шеина С.Г., Умнякова Н.П., Миненко Е.Н. Управление устойчивым ресурсосбережением в жилищном фонде российских городов // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2017. № 2 (368). С. 277–281.
 14. Шеина С.Г., Грачев К.С. Лучшие европейские практики для внедрения возобновляемых источников энергии в РФ // *Инженерный вестник Дона*. 2019. № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5993 (дата обращения: 24.04.2020).
 15. Girya L.V., Sheina S.G., Fedyayeva P.V. The procedure of substantiation of selection of the energy-efficient design solutions for residential buildings // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. No. 8, pp. 19263–19276.
 6. Basov A.V. Technical regulation and standardization in construction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Constructions]. 2019. No. 1–2, pp. 3–7. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-1-2-3-7>
 7. Sedash T.N. Using foreign experience in improving energy efficiency in the Russian economy. *Finansovaya analitika: problemui i resheniya*. 2013. No. 9 (147), pp. 30–35. (In Russian).
 8. Gagarin V.G, Kozlov V.V. Regulation of heat protection and energy consumption requirements for heating and ventilation in the updated version of the SNiP “Thermal protection of buildings”. *Vestnik VolgGASU. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2013. No. 31–2 (50), pp. 468–474. (In Russian).
 9. Gaevskaya Z.A., Lazareva U.S., Lazarev A.N. Chronology of changes in requirements for energy efficiency of buildings. *Molodoi uchenuii*. 2016. No. 18 (122), pp. 68–72. URL: <https://moluch.ru/archive/122/33657/> (Date of access: 24.04.2020). (In Russian).
 10. Sheina S.G., Minenko E.N. Assessment of the stability achieved by the building due to the implementation of energy-saving solutions. *Ingenernuii vestnik Dona*. 2017. No. 4. URL: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4398. (Date of access: 24.04.2020). (In Russian).
 11. Sheina S.G., Minenko E.N. and Sakovskaya K.A. Complex Assessment of Resource-Saving Solutions Efficiency for Residential Buildings Based on Sustainability Theory. *MATEC Web of Conferences – International Conference on Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017)*. 2017. Vol. 129. Modern–Number of article 05020 (2018).
 12. Sheina S.G, Minenko E.N. Green construction as the basis for sustainable development of urban territories. *Nedvizhimost: ekonomika, upravlenie*. 2015. No. 2, pp. 55–60. (In Russian).
 13. Sheina S.G., Umnyakova N.P., Minenko E.N. Management for sustainable resource conservation in housing Russian cities. *Izvestiya vuisuih uchebnuih zavedenii. Tehnologiya textilnoi promuishlennosti*. 2017. No. 2 (368), pp. 277–281. (In Russian).
 14. Sheina S.G., Grachev K.S. Best European practices for implementing renewable energy sources in the Russian Federation. *Ingenernuii vestnik Dona*. 2019. No. 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5993. (Date of access: 24.04.2020). (In Russian).
 15. Girya L.V., Sheina S.G., Fedyayeva P.V. The procedure of substantiation of selection of the energy-efficient design solutions for residential buildings. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. No. 8, pp. 19263–19276.

УДК 629.3.023.26

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-35-40>

А.А. ВЕРХОВСКИЙ¹, канд. техн. наук (v2508@rambler.ru);
А.П. КОНСТАНТИНОВ², канд. техн. наук (apkonst@yandex.ru);
В.А. СМИРНОВ^{1,2}, канд. техн. наук (belohvost@list.ru)

¹ Научноисследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
(127238, г. Москва, Локомотивный прд, 21)

² Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Стандартизация и требования нормативной документации к светопрозрачным фасадным конструкциям на территории Российской Федерации

Проведен комплексный анализ существующего подхода к нормированию светопрозрачных фасадных конструкций на территории РФ. При этом рассмотрены базовые принципы отечественного нормирования в строительстве, а также механизмы их взаимосвязи с областью светопрозрачных конструкций. Проанализированы подходы, используемые в современной строительной практике, с помощью которых выполняется подтверждение соответствия фактического конструктивного решения светопрозрачных фасадов требованиям нормативно-технической документации. На основе проведенного анализа установлено, что в настоящее время в области отечественной стандартизации светопрозрачных фасадных конструкций еще не применяется комплексный подход к нормированию технических характеристик. Это связано как с отсутствием в действующих сводах правил четких требований и исходных данных для назначения технических характеристик светопрозрачных фасадных конструкций, так и с отсутствием в специализированных нормативных документах расчетных способов обоснования большинства технических характеристик подобных конструкций. Из-за этого в настоящее время в отечественной строительной практике в большинстве случаев при проектировании светопрозрачных фасадных конструкций рассматривается ограниченный круг вопросов, прежде всего обеспечение тепловой защиты, пожарной безопасности, механической безопасности при действии ветровых нагрузок, что не позволяет комплексно выполнять обоснование соблюдения требований ФЗ-384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» без проведения дополнительных исследований технических характеристик светопрозрачных фасадных конструкций в специализированных испытательных центрах.

Ключевые слова: светопрозрачные фасадные конструкции, стандартизация, испытания, эксплуатационные характеристики, нагрузки на светопрозрачные фасады.

Для цитирования: Верховский А.А., Константинов А.П., Смирнов В.А. Стандартизация и требования нормативной документации к светопрозрачным фасадным конструкциям на территории Российской Федерации // *Жилищное строительство*. 2020. № 6. С. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-35-40>

A.A. VERKHOVSKY¹, Candidate of Sciences (Engineering) (v2508@rambler.ru);
A.P. KONSTANTINOV², Candidate of Sciences (Engineering) (apkonst@yandex.ru);
V.A. SMIRNOV^{1,2}, Candidate of Sciences (Engineering) (belohvost@list.ru)

¹ Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (21, Lokomotivnyi Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl'skoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Standardization and Requirements of Normative Documentation for Curtain Walls in the Russian Federation

Abstract. The article presents a comprehensive analysis of existing approach to the standardization of curtain walls in the Russian Federation. The basic principles of domestic rationing in construction, as well as the mechanisms of their relationship with the field of translucent structures, were considered. The approaches used in modern construction practice, which are used to confirm the compliance of the actual design solution of translucent facades with the requirements of regulatory and technical documentation, are analyzed. Based on the analysis, it was found that at present, in the field of domestic standardization of curtain walls, a comprehensive approach to the normalization of technical characteristics of such structures is not yet applied. This is due to the lack of clear requirements and initial data in the current standards for assigning technical characteristics of curtain walls, as well as the lack of calculation methods in specialized regulatory documents to justify the majority of technical characteristics of such structures. Because of this, currently in the domestic construction practice, in most cases, when designing curtain walls, a limited range of issues is considered (first of all, providing thermal protection, fire safety, mechanical safety under the influence of wind loads). This does not allow us to comprehensively justify compliance with the requirements of the federal law «Technical regulations on the safety of buildings and structures» without conducting additional studies of the technical characteristics of curtain walls in specialized testing centers.

Keywords: curtain wall, standardization, testing, performance characteristics, loads on curtain walls.

For citation: Verkhovskiy A.A., Konstantinov A.P., Smirnov V.A. Standardization and requirements of normative documentation for curtain walls in the Russian Federation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2020. No. 6, pp. 35–40. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-35-40>

Светопрозрачные фасадные конструкции являются одним из наиболее распространенных типов светопрозрачных конструкций, применяемых на территории РФ для остекления зданий различного функционального назначения [1]. При этом современный уровень развития отрасли светопрозрачных конструкций, а также опыт и передовые наработки производителей светопрозрачных конструкций позволяют реализовать практически любую архитектурно-строительную задачу [2–4].

Постановка задачи. Несмотря на достаточно большой срок использования данного класса конструкций в РФ (более 20 лет), к настоящему моменту еще не сформирована комплексная отечественная нормативно-техническая база в области светопрозрачных фасадных конструкций. При этом разработанных нормативных документов, на основании которых проводятся проектирование и испытания подобных конструкций, явно недостаточно и их количество существенно отличается от объема нормативных документов в области светопрозрачных фасадных конструкций в странах Евросоюза и Китае. Целью данной работы является описание текущей ситуации в области стандартизации светопрозрачных фасадных конструкций и существующего подхода к нормированию и обоснованию их технических характеристик, а также разработки перспективных направлений ее дальнейшего совершенствования.

Объекты и методы исследования. В настоящее время базовым нормативным документом в строительстве на территории РФ является ФЗ-384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», который устанавливает минимальные требования безопасности к зданиям и сооружениям, в том числе их механическую и пожарную безопасность, безопасных для здоровья человека условий проживания, энергоэффективность и пр. Данные требования распространяются как на здание или сооружение в целом, так и на его отдельные конструктивные элементы. Детальные положения по обеспечению указанных требований приведены в соответствующих сводах правил. Обязательность выполнения того или иного пункта свода правил определяется Постановлением Правительства РФ от 26 декабря 2014 г. № 1521.

Отличительной особенностью современных типов светопрозрачных фасадных конструкций является то, что они выполняют в здании как несущие, так и ограждающие функции. Несущие функции связаны с необходимостью обеспечения составными элементами светопрозрачных фасадных конструкций прочности / устойчивости / жесткости при действии нагрузок различной природы, возникающих в ходе их нормальной эксплуатации (собственного веса, ветро-

вых нагрузок, нагрузок от людей) [5, 6], а также при возникновении аварийных ситуаций (пожара, взрыва и т. п.) [7–11]. Обеспечение ограждающих функций связано с возможностью обеспечения светопрозрачными конструкциями заданных параметров микроклимата, в том числе температурно-влажностного режима, уровня естественного освещения, звукоизоляции и пр.

Исходя из этого к светопрозрачным фасадным конструкциям должен теоретически предъявляться значительный перечень нормативных требований. Однако действующие своды правил предъявляют лишь неторные однозначно определенные требования к подобным типам конструкций, а большинство требований либо не сформулированы или могут быть трактованы двояко. Так, единственными требованиями, которые сейчас однозначно представлены в действующих сводах правил, являются сопротивление теплопередаче и ограничение температуры на внутренней поверхности конструкции в зимний период эксплуатации – согласно СП 50.13330.2012 (с Изменениями № 1) «Тепловая защита зданий».

Аналогичная ситуация наблюдается и в части исходных данных для расчета технических характеристик светопрозрачных фасадных конструкций, содержащихся в сводах правил, на основе которых происходит обоснование безопасности использования подобных конструкций согласно ФЗ-384. Например, анализ существующих нормативных документов в части нагрузок и воздействий (СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», СП 131.13330.2018 «Строительная климатология») показывает, что представленных в них данных недостаточно для проектирования даже типовых конструкций светопрозрачных фасадов. В частности, в них отсутствуют климатические данные для расчета нагрузок на стеклопакеты (расчетные сочетания температуры и атмосферного давления наружного воздуха) [12], а также вертикальные и горизонтальные эксплуатационные нагрузки от веса людей при их случайном падении и ударе об элементы светопрозрачных конструкций. В действующей редакции СП 20.13330 также отсутствуют данные о предельных прогибах элементов светопрозрачных фасадных конструкций в отличие от других типов конструкций.

Следует отметить, что ни один из действующих сводов правил не рассматривает проектирование светопрозрачных фасадных конструкций для районов строительства с сейсмической активностью, что во многом связано с малой изученностью данного вопроса [13–16].

До недавнего времени в условиях отсутствия специализированных нормативных документов по проектированию и назначению эксплуатационных

характеристик светопрозрачных фасадных конструкций обоснование соответствия требованиям ФЗ-384 могло быть выполнено за счет получения технического свидетельства, подтверждающего пригодность конкретной системы светопрозрачных фасадных конструкций с позиций обеспечения безопасности и надежности зданий и сооружений. Ввиду того, что большая часть рынка светопрозрачных конструкций представлена продукцией производителей, предлагающих системные решения [17], существенная часть систем светопрозрачных фасадных конструкций имела подобный подтверждающий документ и подпадала под действие Постановления Правительства РФ от 27 декабря 1997 г. № 1636 «О Правилах подтверждения пригодности новых материалов, изделий, конструкций и технологий». Данная процедура получения технического свидетельства является достаточно длительной и затратной. Поэтому в тех случаях, когда ее получение было в силу ряда причин невозможным, альтернативным вариантом подтверждения технических характеристик светопрозрачных конструкций требованиям федерального законодательства для конкретного объекта строительства являлось оформление технических условий и проведение комплекса лабораторных испытаний по определению их эксплуатационных характеристик (теплотехнические характеристики, воздухо-, водопроницаемость, сопротивление ветровой нагрузке и пр.) [18].

С 30 мая 2019 г. вступил в действие СП 426.1325800.2018 «Конструкции фасадные светопрозрачные зданий и сооружений. Правила проектирования». В рассматриваемом документе содержатся общие требования к количественным значениям основных эксплуатационных характеристик светопрозрачных фасадных конструкций, а также изложен общий подход к их проектированию, который базируется на обеспечении минимальных требований указанного выше федерального закона. При этом не приведено ни одной инженерной методики определения требуемых, а также фактических технических характеристик хотя бы для наиболее распространенных типов светопрозрачных фасадных конструкций, например стоечно-ригельных и модульных светопрозрачных фасадов. Следует отметить, что к настоящему времени разработаны и действуют только несколько национальных и межгосударственных стандартов, позволяющих определять технические характеристики в лабораторных условиях. При этом большинство этих методик не имеет взаимной связи с действующими сводами правил. Поэтому, несмотря на введение в действие этого документа, назначение и обоснование большинства технических характеристик светопрозрачных фасадных конструкций оставлено на усмотрение заказчика либо проектировщика.

Данные сведения указываются в техническом задании на проектирование. Очевидно, что в условиях отсутствия однозначно определенных в нормативных документах исходных данных, а также методов определения технических характеристик светопрозрачных фасадных конструкций конечный результат будет зависеть от квалификации специалистов, участвующих в проектировании подобных конструкций, в том числе от опыта их работы с зарубежной нормативно-технической документацией.

Использование зарубежных нормативных требований и методик подтверждения технических характеристик светопрозрачных фасадных конструкций не возбраняется, но при этом сразу возникают существенные проблемы с их подтверждением.

В настоящее время процедура взаимного признания результатов определения технических характеристик светопрозрачных фасадных конструкций, полученных по зарубежным и отечественным методикам, еще не разработана. Поэтому большинство результатов из зарубежных испытательных лабораторий и инженерных центров не являются легитимными на территории РФ. Стоит отметить, что в существующей строительной практике, в отдельных случаях допускается признание результатов зарубежных испытаний в случае присутствия на них российских экспертов, но под их полную ответственность.

Также не проработан вопрос взаимной увязки зарубежных и отечественных требований к каждой рассматриваемой технической характеристике подобных конструкций. Нередко в существующей отечественной практике в технических заданиях на проектирование можно встретить различную трактовку нормативных требований. Например, в одних технических заданиях может приводиться формулировка «в случае противоречия между требованиями российских и зарубежных норм предпочтение отдается российским требованиям», а в других – «в случае противоречия между требованиями российских и зарубежных норм предпочтение отдается более высоким или более строгим требованиям».

Следует отметить, что техническое задание, как правило, является обязательным приложением к договору на поставку или проектирование светопрозрачных фасадных конструкций, и его требования после этого становятся обязательными. Впоследствии на стадии приемки светопрозрачных фасадных конструкций это также дает возможность надзорным органам или службе контроля качества выдвигать к ним значительно более жесткие требования (иногда неоправданно завышенные) по сравнению с нормативными.

Как отмечалось ранее, структура отечественной нормативно-технической документации в области

Действующая на территории РФ нормативная документация в области светопрозрачных фасадных конструкций
Current regulatory documentation in the field of curtain walls in the Russian Federation

Наименование нормативного документа	Характеристика документа
СП 426.1325800.2018 «Конструкции фасадные светопрозрачные зданий и сооружений. Правила проектирования»	Содержатся общие требования к количественным значениям основных эксплуатационных характеристик светопрозрачных фасадных конструкций, а также изложен общий подход к их проектированию, который базируется на обеспечении минимальных требований указанного выше федерального закона
ГОСТ 33079–2014 «Конструкции фасадные светопрозрачные навесные. Классификация. Термины и определения»	Отражены основные принципы классификации светопрозрачных фасадных конструкций, их термины и определения
ГОСТ Р 54858–2011 «Конструкции фасадные светопрозрачные. Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче»	Документ является модифицированным вариантом ISO 15099 «Теплотехнические свойства окон, дверей и солнцезащитных устройств. Процедуры подробного расчета»
ГОСТ 33792–2016 «Конструкции фасадные светопрозрачные. Методы определения воздухо- и водопроницаемости»	Документ гармонизирован с EN 12152 «Навесные стены. Воздухопроницаемость. Эксплуатационные требования и классификация», EN 12154 «Навесные стены. Водопроницаемость. Эксплуатационные требования и классификация». Отдельные различия позволяют проводить испытания как по российским, так и по европейским нормативным требованиям и получать сопоставимые результаты
ГОСТ 33793–2016 «Конструкции фасадные светопрозрачные. Методы определения сопротивления ветровой нагрузке»	В целом документ гармонизирован с EN 13116 «Навесные стены. Сопротивление ветровой нагрузке. Технические требования» и EN12179 «Навесные стены. Сопротивление ветровой нагрузке. Метод испытаний». Отдельные различия позволяют проводить испытания как по российским, так и по европейским нормативным требованиям и получать сопоставимые результаты
ГОСТ Р ИСО 10848-1–2012 «Акустика. Лабораторные измерения косвенной передачи воздушного и ударного шума между смежными помещениями. Часть 1. Основные положения»	Стандарт идентичен ИСО 10848-1:2006 «Акустика. Лабораторные измерения косвенной передачи воздушного и ударного шума между смежными помещениями. Часть 1. Основные положения»

светопрозрачных фасадных конструкций пока не разработана полностью и комплексно не затрагивает всех вопросов по устройству, проектированию и монтажу светопрозрачных фасадных конструкций. В таблице представлены названия и общие характеристики действующих нормативных документов в области светопрозрачных фасадных конструкций.

Обсуждение. Как видно из проведенного анализа, в настоящее время обосновать соответствие проектного решения светопрозрачных фасадных конструкций требованиям базового федерального законодательства без проведения дорогостоящих и длительных процедур лабораторного подтверждения их характеристик практически не представляется возможным. При этом следует учитывать, что даже действующие на территории РФ стандарты на методы испытаний подобных конструкций зачастую являются модифицированными копиями европейских стандартов и не учитывают реальные климатические условия РФ.

Для внедрения в строительную практику современных нормативных документов в области светопрозрачных конструкций, которые могут служить основой для комплексного обоснования базовых требований федерального законодательства в области строительства, видится перспективным проведение дополнительных исследований по следующим направлениям:

- адаптация зарубежных методов расчетного и лабораторного определения технических характеристик светопрозрачных конструкций к существующей отечественной нормативно-технической базе, разра-

ботка процедуры взаимного признания результатов испытаний;

- разработка отечественных методов расчета и лабораторного определения технических характеристик светопрозрачных конструкций, учитывающих климатические условия РФ;

- обоснование и включение в действующие своды правил исходных данных и требований к современным видам светопрозрачных конструкций.

Внедрение результатов указанных выше работ в строительную практику не только упростит процедуру подтверждения технических решений светопрозрачных фасадных конструкций требованиям федеральных законов, но и в целом повысит качество проектирования подобных конструкций.

Представленное в настоящее время изменение СП 426.1325800.2018 направлено в первую очередь на уточнение методов расчета самого светопрозрачного заполнения (стекла, стеклопакетов), но не решает в целом задачи по приведению нормативного документа в работоспособный вид. Изменение наименования с «Конструкции фасадные светопрозрачные зданий и сооружений. Правила проектирования» на «Конструкции светопрозрачные зданий и сооружений. Правила проектирования» неоправданно расширяет область действия нормативного документа, разрушает логическую систему построения нормативных документов в области светопрозрачных фасадных конструкций. Внесение изменений в терминологию полностью делает документ несовместимым с ГОСТ 33079 и отбрасывает отрасль к концу 1990-х гг., когда попытки разработать аналогичный всеобъем-

лющий регламент уже предпринимались различными общественными объединениями. Отдельные положения предлагаемой новой редакции данного документа уже сейчас противоречат действующим требованиям европейских нормативных документов, что делает его неприменимым в рамках международной стандартизации.

Выводы

На основе проведенного анализа установлено, что в настоящее время в области отечественной стандартизации светопрозрачных фасадных конструкций еще не применяется комплексный подход к нормированию технических характеристик подобных конструкций. Это связано:

– с отсутствием в действующих сводах правил четких требований и исходных данных для назначения технических характеристик светопрозрачных фасадных конструкций;

– с отсутствием в специализированных нормативных документах расчетных способов обоснования большинства технических характеристик подобных конструкций.

Из этого в настоящее время в отечественной строительной практике в большинстве случаев при проектировании светопрозрачных фасадных конструкций рассматривается ограниченный круг вопросов (прежде всего обеспечение тепловой защиты, пожарной безопасности, механической безопасности при действии ветровых нагрузок), что не позволяет комплексно выполнять обоснование соблюдения требований ФЗ-384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» без проведения дополнительных исследований технических характеристик светопрозрачных фасадных конструкций в специализированных испытательных центрах.

Список литературы

1. Константинов А.П., Ибрагимов А.М. Комплексный подход к расчету и проектированию светопрозрачных конструкций // *Жилищное строительство*. 2019. № 1–2. С. 14–17. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-1-2-14-17>
2. Плотников А.А. Архитектурно-конструктивные принципы и инновации в строительстве стеклянных зданий // *Вестник МГСУ*. 2015. № 11. С. 7–15.
3. Борискина И.В. Здания и сооружения со светопрозрачными фасадами и кровлями. Теоретические основы проектирования светопрозрачных конструкций. СПб.: Любавич, 2012. 396 с.
4. Дербина С.Н., Борискина И.В., Плотников А.А. Эволюция конструктивных решений светопрозрачных фасадов зданий // *Вестник МГСУ*. 2011. № 2. С. 26–35
5. Галямичев А.В. Ветровая нагрузка и ее действие на фасадные конструкции // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2017. № 9 (60). С. 44–57. DOI: 10.18720/CUBS.60.4
6. Prevat D.O. Wind load design and performance testing of exterior walls: Current standards and future considerations. *Performance of exterior building walls*. ed. P. Johnson (West Conshohocken, PA: ASTM International, 2003), pp. 17–41. DOI: 10.1520/stp10925s
7. Marchand K., Davis C., Sammarco E., Bui J., Casper J. Coupled glass and structure response of conventional curtain walls subjected to blast loads: validation tests and analysis. *Glass Structures & Engineering*. 2017. Vol. 2, pp. 17–43. DOI: 10.1007/s40940-016-0037-y

References

1. Konstantinov A.P., Ibragimov A.M. Complex approach to the calculation and design of translucent structures. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2019. No. 1–2, pp. 14–17. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-1-2-14-17>
2. Plontikov A.A. Architectural and engineering principles and innovations in the construction of glass-facade buildings. *Vestnik MGSU*. 2015. No. 11, pp. 7–15. (In Russian).
3. Boriskina I.V. Zdaniya i sooruzheniya so svetoprozrachnymi fasadami i krovlyami. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya svetoprozrachnykh konstrukcij [Buildings and Structures with Translucent Facades and Roofs. Theoretical Bases of Designing of Glass Constructions]. Saint-Petersburg: Lyubavich. 2012. 396 p. (In Russian).
4. Derbina S.N., Boriskina I.V., Plotnikov A.A. Evolution of translucent facades design solutions. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 2, pp. 26–35. (In Russian).
5. Galyamichev A.V. Wind load and its action on facade structures. *Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij*. 2017. No. 9 (60), pp. 44–57. (In Russian). DOI: 10.18720/CUBS.60.4
6. Prevat D.O. Wind load design and performance testing of exterior walls: Current standards and future considerations. *Performance of exterior building walls*. ed. P. Johnson (West Conshohocken, PA: ASTM International, 2003), pp. 17–41. DOI: 10.1520/stp10925s
7. Marchand K., Davis C., Sammarco E., Bui J., Casper J. Coupled glass and structure response of conventional curtain walls subjected to blast loads: validation tests and analysis. *Glass Structures &*

8. Безбородов В.И. Устойчивость светопрозрачных фасадов (стен) в условиях реального пожара // *Пожарная безопасность*. 2019. № 4 (97). С. 71–77.
9. Казиев М.М., Безбородов В.И. Поведение при пожаре светопрозрачных фасадов жилых высотных зданий // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений*. 2019. № 6 (43). С. 35–38.
10. Ковыршина Н.В., Клейменов М.И., Ржанковский А.В. Испытания на огнестойкость светопрозрачных фасадов // *Промышленное и гражданское строительство*. 2012. № 3. С. 10–13.
11. Фюнг Н.Т.Х., Соловьев А.К., Тамразян А.Г. Комплексный подход к определению размеров светопроемов в зданиях с учетом требований безопасности // *Промышленное и гражданское строительство*. 2019. № 5. С. 20–25. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.05.20-25
12. Плотников А.А., Стратий П.В. Численно-аналитическая методика расчета прогибов стекол герметичного стеклопакета от климатической (внутренней) нагрузки // *Вестник МГСУ*. 2014. № 12. С. 70–76
13. Bedon C., Amadio C. Numerical assessment of vibration control systems for multi-hazard design and mitigation of glass curtain walls // *Journal of Building Engineering*. 2018. Vol. 15, pp. 1–13. DOI: 10.1016/j.jobe.2017.11.004
14. Casagrande L., Bonati A., Occhiuzzi A., Caterino N., Auricchio F. Numerical investigation on the seismic dissipation of glazed curtain wall equipped on high-rise buildings // *Engineering Structures*. 2019. Vol. 179, pp. 225–245. DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.10.086
15. Грановский А.В., Джамуев Б.К., Ворошилов С.Ф., Вострикова Л.Н. Исследование работы светопрозрачных фасадных конструкций на действие динамических нагрузок, моделирующих сейсмические воздействия // *Промышленное и гражданское строительство*. 2018. № 12. С. 32–37
16. Чубаков М.Ж., Акбиев Р.Т. Сейсмостойкость и динамическая устойчивость навесных фасадов и светопрозрачных конструкций // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений*. 2017. № 3 (29). С. 44–45.
17. Вахрушев К.Г., Константинов А.П. Классификация светопрозрачных фасадов: анализ классификационных признаков // *Промышленное и гражданское строительство*. 2019. № 7. С. 84–91. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.07.84-91
18. Безруков А.Ю., Верховский А.А., Ройфе В.С. Техническое регулирование в области фасадных светопрозрачных конструкций // *Строительство и реконструкция*. 2016. № 3 (65). С. 96–102.
8. Bezborodov V.I. Stability of translucent facades (walls) in real fire conditions. *Fire Safety*. 2019. No. 4 (97), pp. 71–77. (In Russian).
9. Kaziev M.M., Bezborodov V.I. Fire behavior of translucent facades of residential high-rise buildings. *Natural and technogenic risks. Building Safety*. 2019. No. 6 (43), pp. 35–38. (In Russian).
10. Kovyrshina N.V., Kleymenov M.I., Rzhanovsky A.V. Fire resistance tests of translucent facades. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2012. No. 3, pp. 10–13. (In Russian).
11. Phuong N. T. Kh., Solovyev A. K., Tamrazyan A. G. Integrated Approach to Determining Sizes of Light Openings in Buildings Taking into Account Safety Requirements. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo* [Industrial and Civil Construction]. 2019. No. 5, pp. 20–25. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2019.05.20-25
12. Plotnikov A.A., Stratiy P.V. Numerical-analytical method of calculating insulated double-glazed units deflection under climatic (internal) load. *Vestnik MGSU*. 2014. No. 12, pp. 70–76. (In Russian).
13. Bedon C., Amadio C. Numerical assessment of vibration control systems for multi-hazard design and mitigation of glass curtain walls. *Journal of Building Engineering*. 2018. Vol. 15, pp. 1–13. DOI: 10.1016/j.jobe.2017.11.004
14. Casagrande L., Bonati A., Occhiuzzi A., Caterino N., Auricchio F. Numerical investigation on the seismic dissipation of glazed curtain wall equipped on high-rise buildings. *Engineering Structures*. 2019. Vol. 179, pp. 225–245. DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.10.086
15. Granovsky A.V., Dzhamuev B.K., Voroshilov S.F., Vostrikova L. N. Study of Operation of Translucent Facade Structures under the Action of Dynamic Loads Simulating Seismic Impacts. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2018. No. 12, pp. 32–37. (In Russian).
16. Chubakov M.J., Akbiev R.T. Seismic and dynamic stability of hinged facades and translucent constructions. *Natural and technogenic risks. Building Safety*. 2017. No. 3 (29), pp. 44–45. (In Russian).
17. Vahrushev K. G., Konstantinov A. P. Classification of curtain walls: Analysis of classification features. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2019. No. 7, pp. 84–91. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2019.07.84-91
18. Bezrukov A., Verchovskiy A., Royfe V. Technical regulation in the field façade of translucent structures. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2016. Vol. 65. No. 3, pp. 96–102. (In Russian).

УДК 622.451

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-41-47>

Е.Г. МАЛЯВИНА¹, канд. техн. наук (emal@list.ru),
К.М. АГАХАНОВА¹, магистр; Н.П. УМНЯКОВА², д-р техн. наук

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

² Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
(127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

Конфигурация системы естественной вытяжной вентиляции с нормативным расходом воздуха

Долгое время расчет вытяжных систем вентиляции велся в предположении, что от наружного воздуха до вытяжной решетки не существует аэродинамического сопротивления. Это утверждение подкреплялось большой площадью щелей в окнах. Появившиеся «плотные» окна заставляют проектировщиков обратить внимание на сокращение реальных расходов воздуха по сравнению с нормируемыми. В настоящее время для экономии теплоты на подогрев приточного наружного воздуха целесообразно считать, что вентиляция должна обеспечивать нормируемый воздухообмен только в то время, когда это требуется потребителю. Для пропуска необходимого расхода приточного воздуха в течение всей части года, когда используется система вентиляции, приточное отверстие должно быть регулируемым. Расчеты воздушного режима жилого 18-этажного дома показали, что наилучшим образом условию регулируемости и обеспечения достаточной площади для пропуска наружного воздуха соответствует откидная створка окна с регулируемой степенью открытия. Приточные клапаны приводят к неудовлетворительной работе системы вентиляции, так как создают большое аэродинамическое сопротивление и даже при увеличенных сечениях воздухопроводов вентиляционной сети неудовлетворительно работают, особенно на верхних этажах.

Ключевые слова: приточное отверстие, воздушный баланс помещения, потеря давления, система уравнений, скорость воздуха в воздухопроводах, поперечное сечение воздухопровода.

Для цитирования: Мальявина Е.Г., Агаханова К.М., Умнякова Н.П. Конфигурация системы естественной вытяжной вентиляции с нормативным расходом воздуха // *Жилищное строительство*. 2020. № 6. С. 41–47. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-41-47>

E.G. MALYAVINA¹, Candidate of Science (Engineering) (emal@list.ru),
K.M. AGAKHANOVA¹, Master of Science (Engineering); N.P. UMNYAKOVA², Doctor of Science (Engineering)

¹ National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

² Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
(21, Lokomotivnyi Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Configuration of a Natural Exhaust Ventilation System with Standard Air Rates

For a long time, the calculation of exhaust ventilation systems was based on the assumption that there is no aerodynamic drag from the outside air to the exhaust grate. This statement was grounded on a large area of the window cracks. The new «dense» windows force designers to pay attention to the reduction of real air rates in comparison with the normalized ones. Currently, in order to save heat for heating the inflow outdoor air, it is advisable to consider that ventilation should provide a normalized air exchange only at the time when it is required by the consumer. In order to pass the required inflow air rate during the entire year when the ventilation system is used, the supply opening must be adjustable. Calculations of a residential 18-storey building air mode have shown that the best condition for regulating and providing sufficient space for the passage of the outdoor air is enabled by a folding window sash with an adjustable opening degree. Supply valves lead to an improper operation of the ventilation system, as they create a large aerodynamic drag and do not work properly even with increased cross-sections of the ventilation piping air ducts, especially on the upper floors.

Keywords: supply air opening, air balance of room, pressure loss, system of equations, air rate in ducts, cross section of ducts.

For citation: Malyavina E.G., Agakhanova K.M., Umnyakova N.P. Configuration of a natural exhaust ventilation system with standard air rates. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2020. No. 6, pp. 41–47. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-6-41-47>

Важнейшей задачей аэродинамического расчета систем естественной приточно-вытяжной вентиляции является выбор поперечных сечений воздухопроводов вентиляционной сети [1].

Основную часть систем естественной вентиляции жилых домов составляет вытяжная система. Причем

до 2000-х гг., когда в нашей стране массово появились «плотные» окна, аэродинамический расчет таких систем выполнялся в предположении, что аэродинамическое сопротивление между компенсирующим вытяжку наружным приточным воздухом и вытяжной решеткой отсутствует [2]. Располагаемое давление от решетки

до устья вытяжной шахты сравнивалось с потерями давления в пределах именно этого тракта. Так как окна в то время были достаточно воздухопроницаемыми, чтобы, как тогда считалось, можно было пренебречь их аэродинамическим сопротивлением приточному воздуху, это сопротивление не учитывалось [3].

При появлении «плотных» окон стало ясно, что аэродинамическое сопротивление приточных отверстий может играть значимую роль в формировании расхода вытяжного воздуха через вытяжную систему естественной вентиляции. Поэтому как в рекомендациях по проектированию (Р НП «АВОК» 5.2–2012 «Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах жилых зданий»), так и в исследовательских работах [4, 5] в учитываемые потери аэродинамического давления стали включать потери на прохождение воздуха через приточное отверстие. Причем приточное отверстие рассматривается начальным участком приточно-вытяжной вентиляционной сети. Есть много работ, рассматривавших формирование расходов системы естественной вытяжной вентиляции как часть общего воздушного режима здания. При этом учитывались все воздушные потоки в нем: через окна и приточные клапаны; перетекание воздуха между помещениями, в том числе лестничными клетками и лифтовыми шахтами; движение воздуха, осложненного прохождением через тройники и крестовины, в вентиляционном тракте самой вытяжной системы [6–15]. Во всех перечисленных работах применялись разработанные авторами программы расчета на ЭВМ или гидроинтеграторе. Из анализа постановки задачи в перечисленных работах становится ясно, что приточное отверстие не

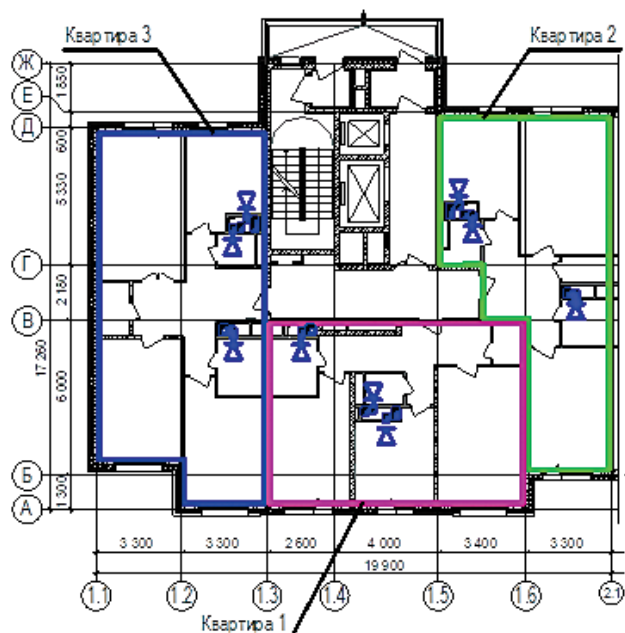
является прямым продолжением вентиляционной сети. Наряду с другими воздухопроницаемыми элементами помещения приточное отверстие служит одним из источников (или стоков) потока воздуха, участвующего в воздушном балансе помещения и формирующего давление внутри помещения. Именно от этого давления зависит располагаемое давление, действующее на вытяжной решетке упомянутого помещения.

Во всех вышеперечисленных работах успешно решались поставленные задачи, но авторам не известно ни одного сравнения расхода воздуха по вентиляционной сети, полученного расчетом по программам и инженерным расчетом. *Целью статьи является решение двух задач. Во-первых*, следует определить обеспечивающие нормативные расходы воздуха соотношения между аэродинамическими сопротивлениями поэтажных ответвлений и участков ствола от места врезки в него каждого ответвления до устья вытяжной шахты. *Во-вторых*, надо оценить влияние отказа от учета давления в помещениях при аэродинамическом расчете вытяжной системы.

Метод расчета. Расчет воздухообмена помещений многоэтажного здания можно выполнить только с учетом топологии здания, так как помещения связаны воздухопроницаемостью конструкций между ними, а также вентиляционными системами или лестнично-лифтовыми холлами [6–10]. Здание представляет собой сложную аэродинамическую сеть. Воздухообмен помещений здания происходит под действием разности полных избыточных давлений, формирующихся на каждом воздухопроницаемом элементе (отверстии) между помещениями, включая элементы вентиляционных систем.

Расчет сформировавшегося при определенных погодных условиях полного избыточного давления в каждом помещении в общем случае представляет собой решение системы уравнений воздушных балансов каждого помещения и каждого узла вентиляционных систем. Число уравнений решаемой системы равно числу помещений в здании в сумме с числом узлов вентиляционных систем. Причем при описании воздушного баланса каждого помещения или узла вентсистемы используются два типа уравнений [6–10]. Один из них – первый закон Кирхгофа, утверждающий, что сумма расходов воздуха через все воздухопроницаемые элементы рассматриваемого помещения или узла должна равняться нулю. Второй – уравнение Бернулли, являющееся формой закона сохранения энергии, описывает зависимость потерь давления от расхода воздуха, проходящего через воздухопроницаемый элемент.

В качестве граничных условий задаются давления в наружном воздухе у каждого воздухопроницаемо-



Фрагмент плана типового этажа многоэтажного жилого здания.
Fragment of the plan of a typical floor of a multi-storey residential building

го элемента, соединяющего какое-либо помещение с наружной средой, – окнá, входных дверей и т. д. Наружное давление складывается из гравитационного давления, убывающего с увеличением высоты отверстия над землей, и ветрового давления, зависящего от скорости ветра, возрастающей с высотой, и направления ветра, формирующего наветренную, подветренную стороны и боковые фасады здания [10]. Кроме того, по предложению В.В. Батурина [6] для зданий с приблизительно одинаковой температурой во всех помещениях к наружному давлению со знаком минус выносится переменная гравитационная составляющая внутреннего давления. Наружное давление P_{ext} , Па, при этом принимает форму:

$$P_{ext} = g(H-h)\rho_{ext} + (C - C_3)\rho_{ext}k\frac{v^2}{2}, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м²/с; H – высота здания от земли до самой верхней точки, м; h – высота над землей центра воздухопроницаемого элемента, м; ρ_{ext} – плотность наружного воздуха (с учетом его температуры в рассматриваемое время), кг/м³; C , C_3 – аэродинамические коэффициенты расчетного воздухопроницаемого элемента на расчетном фасаде и на подветренной стороне; k – коэффициент учета изменения ветрового давления в зависимости от высоты над землей и типа местности; v – скорость ветра, м/с.

В результате указанного методического приема – выноса переменной части внутреннего давления к наружному – внутреннее давление каждого помещения P_{int} , Па, имеет постоянную величину по высоте, что облегчает решение системы уравнений. Обычно рассматривается точечная модель помещений здания, в которой полное избыточное давление каждого помещения приложено в центре помещения.

Помимо метеорологических факторов в уравнении Бернулли требуется задать воздухопроницаемость элементов, которая описывается характеристиками сопротивления S , Па/(кг/ч)², элементов. Значения S являются постоянными величинами для большинства отверстий и только для тройников вентиляционных систем зависят от расходов воздуха.

Описание объекта исследования. Объектом исследования принята секция жилого здания. На каждом жилом этаже (начиная со второго) расположено три квартиры: две двухкомнатные, одна с односторонней ориентацией (квартира 1), а другая – с двухсторонней (квартира 2) и одна трехкомнатная с окнами на два противоположных фасада (квартира 3). В секции запроектирован лифтовой холл с пассажирскими лифтами, из которого на каждом этаже имеется выход на балкон для прохода на изолированную эвакуационную незадымляемую лестницу и в межквартирный коридор. Двери всех трех квартир и лест-

нично-лифтового холла на каждом этаже выходят в упомянутый один общий коридор.

В доме предусматривается естественная система приточно-вытяжной вентиляции, которая выполнена в виде трех самостоятельных систем, удаляющих вытяжной воздух из кухонь, санузлов и ванных комнат. Каждая из трех систем оформлена в виде сборного канала (ствола) и поэтажных ответвлений (спутников). Дополнительные аэродинамические сопротивления создавались конусными диафрагмами на ответвлениях. При этом характеристики сопротивлений поэтажных ответвлений вместе с вытяжными решетками снижались от первого этажа к последнему.

В доме имеется неотопливаемый чердак высотой 3 м, по которому транзитом проходят утепленные вытяжные шахты, выводящие вытяжной воздух в атмосферу. Наличие в доме чердака позволяет увеличить высоту шахты, что приводит к увеличению располагаемого давления системы для всех этажей здания, в том числе и для верхних этажей. Причем верхние два этажа имеют поэтажные каналы, выведенные в атмосферу самостоятельно без присоединения к общему стволу. Строительные шахты, в которых расположены вертикальные сборные каналы, выведены выше уровня кровли под зонт.

Сначала определимся с задачами системы вентиляции. Существует два подхода к решению задачи. Одни считают, что в жилом здании требуемый воздухообмен должен обеспечиваться при закрытых приточных отверстиях. Эти требования отсылают к окнам, применяющимся до 2000-го г. Такие окна не позволяют регулировать расход приточного воздуха в периоды, когда проживающие в квартире люди, например, отсутствуют в квартире. Это не позволяет экономить энергию на нагрев «лишнего» приточного воздуха.

В статье принята точка зрения, что обеспечение нормативного воздухообмена квартиры или отдельных помещений в ней обязательно только в течение времени, когда потребитель считает это необходимым. Во все остальное время приточные отверстия должны быть закрыты и проникновение воздуха через них следует минимизировать. При этом плотность приточных отверстий в закрытом состоянии не должна быть абсолютной, т. е. они не должны быть герметичными. Имеющиеся в приточных отверстиях щели призваны обеспечивать минимальный воздухообмен, исключающий застой воздуха в квартире при отсутствии жителей продолжительное время. Проветривание квартиры осуществляется через открытые створки приточных отверстий.

Для исследований приняты дома с притоком через открывающиеся поворотные-откидные створки окон и через приточные клапаны. Кроме того, рассмотрен воздухообмен квартир при закрытых окнах.

Прежде всего обратим внимание на площадь приточных отверстий. Клапаны АЭРЭКО имеют площадь 0,0036 м² и устанавливаются в каждой жилой комнате. При открытой поворотной-откидной створке окна с углом раскрытия 30° площадь открытой части равна 0,231 м², и при открытой поворотной-откидной створке окна с углом раскрытия 3° площадь открытой части равна 0,024 м². Но если при проветривании квартир через открывающиеся створки можно в течение года менять площадь приточного отверстия, то в случае с клапанами увеличить площадь притока можно, только заранее установив дополнительные клапаны.

При выборе сечений воздухопроводов выдерживались следующие требования: аэродинамическое сопротивление поэтажных ответвлений должно превосходить аэродинамическое сопротивление в сборном канале; скорость воздуха в вытяжных воздухопроводах по ходу движения только увеличивается; на конечных участках сети скорость не превышает 2 м/с.

Конфигурация систем естественной вентиляции подбиралась с учетом существующих рекомендаций таким образом, чтобы при расчетных условиях для вентиляции (температура наружного воздуха 5°С и безветрие) во всех квартирах воздухообмен отклонялся от нормируемого не более чем на 1 м³/ч. В соответствии с нормативными документами из кухни следует удалять 60 м³/ч воздуха, а из ванной комнаты и санузла по 25 м³/ч.

Так как в 18-этажных домах с притоком через открывающиеся створки окна может быть обеспечена большая площадь притока, чем через приточные клапаны, то для выполнения поставленной задачи в зданиях с открывающимися окнами сечения воздухопроводов удалось подобрать меньшими, чем в зданиях с клапанами. Стальные воздухопроводы вытяжной вентиляции имеют прямоугольные сечения, постепенно увеличивающиеся от нижних этажей от 200×250 до 350×400 мм на этажах с 9-го по 17-й для ствола, обслуживающего кухни. Сечения стволов, обслуживающих санузлы и ваннные комнаты, увеличиваются от 200×200 до 200×350 мм. Поэтажные ответвления всех систем имеют одинаковые сечения на всех этажах – 150×150 мм и регулируемые вытяжные решетки. В доме с клапанами не удалось подобрать такие сечения воздухопроводов, чтобы обеспечить нормативные воздухообмены квартир выше 10-го этажа. Это не смотря на то, что сечения воздухопроводов приняты значительно шире, чем в доме с открывающимися окнами: сечения постепенно увеличиваются от нижних этажей от 400×500 до 800×800 мм на этажах с 9-го по 17-й для ствола, обслуживающего кухни. Сечения стволов, обслуживающих санузлы и ваннные комнаты, увеличиваются от 200×250 до 550×600 мм. Поэтажные ответвления систем для кухонь имеют

одинаковые сечения на всех – этажах 150×150 мм и регулируемые вытяжные решетки. Ответвления систем для санузлов до 10-го этажа имеют сечения 100×150 мм, выше – 150×150 мм.

Результаты расчета. Для выявления целесообразного соотношения аэродинамических сопротивлений поэтажного ответвления и сборного вентиляционного канала от врезки в них ответвлений до устья шахты были выполнены многовариантные расчеты для зданий различной этажности. Сечения всех поэтажных ответвлений были приняты одинаковыми – 150×150 мм. Выявлена тенденция изменения соотношений с повышением этажности здания. Рассматриваются варианты конструирования вытяжной системы вентиляции, в которых обеспечивается расход вытяжного воздуха, близкий к нормативным значениям на всех этажах здания. Во-первых, соотношения указанных величин в одном здании от нижних этажей к верхним падают. Причем это падение тем больше, чем выше здание. Во-вторых, пока скорость вытяжного воздуха в стволе на верхних этажах в зданиях различной этажности одинакова, отношение указанных величин с увеличением этажности возрастает. При увеличении скорости воздуха в стволе верхних этажей значения отношений уменьшаются, сохраняя тенденцию к уменьшению от нижних этажей к верхним. Подтверждение указанных тенденций можно найти в табл. 1.

Интересно, что в расчетных для вентиляции наружных условиях в квартире через полностью закрытые окна общей площадью 8,4 м² с сопротивлением воздухопроницанию окна (при ΔP=10 Па) 0,9 м²·ч/кг расход притока изменяется от 21,1 м³/ч на первом этаже до 9,5 м³/ч на последнем. В расчетных для отопления наружных условиях эти расходы соответственно равны 44,1 и 19,9 м³/ч. Следует отметить, что норм на воздухообмен в квартире при отсутствии жителей нет. В стандарте АВОК на нормы воздухооб-

Таблица 1
Table 1

Соотношения потерь давления в поэтажных ответвлениях и сборном канале вытяжной системы многоэтажных жилых домов
The ratio of pressure losses in floor branches and the combined channel of the exhaust system of multi-storey residential buildings

Наименование величины	Этажность здания			
	8 этажей	12 этажей	16 этажей	18 этажей
Вытяжная система санитарных узлов				
Отношение потерь давления в ответвлении и стволе системы	2,91–2,04	3,7–2,25	5,11–2,26	4,12–1,59
Скорость вытяжного воздуха в верхней части ствола, м/с	1,4	1,39	1,39	1,58
Вытяжная система кухонь				
Отношение потерь давления в ответвлении и стволе системы	1,78–1,57	3,1–2,07	3,04–1,1	2,52–0,69
Скорость вытяжного воздуха в верхней части ствола, м/с	1,6	1,36	1,67	1,9

мена [15] приведены минимальные нормы для кухонь и санитарных узлов при их неиспользовании. Однако эти нормы скорее направлены на удаление остаточных запахов в квартире и поэтому по своей величине представляются завышенными для случая длительного отсутствия жителей.

Через приточные отверстия в квартиру поступает приточный воздух, впоследствии удаляемый через все вытяжные системы. Приточные отверстия меньшей площади создают большие аэродинамические сопротивления на притоке. Так, открытые створки окна на 30° при нормативных расходах воздуха в расчетных наружных условиях для вентиляции создают аэродинамическое сопротивление, близкое к 0,01 Па, в то время как аэродинамическое сопротивление приточного клапана при нормативных расходах составляет от 21,5 Па на нижних этажах до 4,5 Па на верхних. В результате затрачивается располагаемое давление на преодоление этого сопротивления и приходится прибегать к большим сечениям воздухопроводов. Но даже указанные выше сечения воздухопроводов не обеспечивают нормативных расходов вытяжки на этажах выше 10-го, которые к 17-му этажу падают до 14 м³/ч в системе из санузлов и до 39,5 м³/ч в системе из кухонь.

Оценка влияния отказа от учета давлений в помещениях при аэродинамическом расчете вытяжной системы естественной вентиляции выполнена сравнением результатов многовариантных расчетов воздушного режима зданий на ЭВМ и ручного расчета. Расчет на ЭВМ осуществлялся по разработанной авторами программе (Стандарт АВОК «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена». М.: АВОК-ПРЕСС, 2017. 16 с.) [16–18]; ручной аэродинамический расчет выполнен по общепризнанной методике изолированной от здания системы [3]. Рассмотрены варианты с притоком через открывающуюся поворотно-откидную створку окна и через приточный клапан. Расчеты выполнены по данным различных наружных условий расчетных для вентиляции, и расчетных для отопления. Некоторые результаты расчетов приведены в табл. 2. Данные табл. 2 относятся к расчетным для вентиляции наружным условиям. Рассматривается система вентиляции, удаляющая воздух из санузлов, расположена в квартире с двухсторонней ориентацией, в одной комнате которой открыта одна поворотно-откидная створка окна на 30°.

Так как в устье шахты условное давление равно нулю, то сформировавшееся давление в квартире следует считать располагаемым давлением для потерь от решетки до устья шахты. Несовпадение значений, указанных в столбцах 2 и 3 табл. 2, объясняется точностью расчета расходов воздуха на ЭВМ в 1 кг/ч.

Таблица 2
Table 2
Поэтажное распределение суммарных потерь аэродинамического давления в системе вентиляции и давления в квартирах
Floor distribution of total losses of aerodynamic pressure in the ventilation system and pressure in apartments

Этаж	Расчет на ЭВМ воздушного режима здания в целом		Ручной расчет изолированной системы естественной вытяжной вентиляции		
	Суммарные потери давления от решетки до устья шахты, Па	Внутреннее давление в квартире, Па	Располагаемое давление, Па	Суммарные потери давления от решетки до устья шахты, Па	Суммарные потери давления от наружной среды до устья шахты, Па
Дом 8 этажей					
1	19,6	18,59	17,43	17,24	17,25
2	17,7	16,59	15,43	15,33	15,34
3	15,58	14,59	13,43	13,44	13,45
4	13,54	12,59	11,43	11,38	11,39
5	11,42	10,58	9,42	9,47	9,47
6	9,3	8,58	7,42	7,46	7,46
7	6,39	6,57	5,42		
8	4,44	4,57	3,42		
Дом 12 этажей					
1	27,65	26,61	25,44	25,23	25,23
2	25,64	24,6	23,44	23,31	23,32
3	23,66	22,6	21,44	21,42	21,43
4	21,59	20,6	19,43	19,37	19,37
5	19,58	18,6	17,43	17,38	17,39
6	17,52	16,59	15,43	15,45	15,46
7	15,5	14,59	13,43	13,41	13,42
8	13,43	12,59	11,43	11,48	11,48
9	11,33	10,58	9,42	9,48	9,49
10	9,21	8,58	7,42	7,46	7,46
11	6,39	6,58	5,42		
12	4,45	4,58	3,42		
Дом 18 этажей					
1	39,91	38,62	37,45	38,15	38,15
2	37,97	36,62	35,45	36,47	36,48
3	35,99	34,62	33,45	34,2	34,21
4	33,98	32,61	31,45	32,48	32,49
5	32,07	30,61	29,44	30,53	30,53
6	30,04	28,61	27,44	28,56	28,57
7	28,06	26,61	25,44	26,59	26,6
8	26,07	24,6	23,44	24,63	24,64
9	24,03	22,6	21,44	22,66	22,67
10	21,99	20,6	19,43	20,67	20,68
11	19,95	18,6	17,43	18,66	18,66
12	17,88	16,59	15,43	16,61	16,62
13	15,82	14,59	13,43	14,67	14,68
14	13,72	12,59	11,43	12,66	12,67
15	11,59	10,58	9,42	9,43	9,44
16	9,43	8,58	7,42	7,44	7,45
17	6,39	6,58	5,42		
18	4,45	4,58	3,42		

Расхождение приведенных в таблице данных укладывается в 3–9%, что является оценкой точности расчета на ЭВМ.

Несовпадение располагаемого давления для системы в ручном расчете и внутреннего давления в

квартире в машинном расчете может служить оценкой точности изолированной постановки задачи в ручном расчете. По абсолютной величине расхождение этих значений для всех этажей домов разной этажности укладывается в 1,2 Па. Однако так как величина самих потерь от решетки до устья шахты падает от нижних к верхним этажам, относительная ошибка увеличивается от 3–6 до 25,5%. Причем меньшие относительные расхождения на нижних этажах относятся к более высоким зданиям.

Если сравнивать суммарные потери давлений, полученные в машинном и ручном счете, то расхождение этих величин укладывается в пределах 1–2,5 Па. По относительной величине расхождения изменяются: в здании 8 этажей – от 12 до 20%; в доме 12 этажей – от 8,7 до 19%; в доме 18 этажей – от 4,4% до 21%. Меньшие относительные расхождения относятся к нижним этажам, а большие к верхним.

Надо сказать, что приблизительно те же оценки нами получены и в расчетах других зданий и систем. На основании этих результатов можно утверждать, что принятый в проектной практике подход к аэродинамическому расчету систем естественной вентиляции, предполагающий изолированное от здания положение системы, вполне допустим.

Выводы. Когда щели в окнах не создавали значимого сопротивления притоку воздуха, изолированный аэродинамический расчет был оправдан. Но и в те времена к вентиляции верхних этажей зданий было много нареканий. Крупным недостатком старых окон была невозможность сократить инфильтрацию наружного воздуха, когда приток был избыточным или не требовался вовсе. При оснащении зданий плотными окнами встал вопрос о необходимом аэродинамическом сопротивлении регулируемых приточных устройств. Статья отвечает на этот вопрос утверждением необходимости иметь приточное отверстие, аэродинамическое сопротивление которого в расчетах для вентиляции наружных условиях приближается к нулю при обеспечении нормативных расходов воздуха. При понижении температуры наружного воздуха и, следовательно, увеличении располагаемого давления для системы вентиляции приточное

отверстие должно иметь возможность уменьшить свое сечение для недопущения излишне большого расхода приточного воздуха. Примером такого приточного устройства может служить поворотно-откидная створка окна с регулируемым открытием.

Выполненные исследования позволяют утверждать, что изолированный аэродинамический расчет отдельных систем естественной вентиляции допустим только при практически нулевом аэродинамическом сопротивлении притоку достаточного расхода воздуха.

Применяемые в настоящее время приточные клапаны, как правило, не обладают достаточно большим живым сечением для прохода приточного воздуха. Их аэродинамическое сопротивление следует учитывать в аэродинамическом расчете. При выборе клапана для установки следует отдавать предпочтение клапанам с возможно большим живым сечением. При оснащении здания приточными клапанами оснащать бытовыми вентиляторами вытяжные системы вентиляции следует не менее четырех верхних этажей.

При конструировании вентиляционной сети следует иметь в виду, что большие скорости в пределах допустимого нормами диапазона не только приводят к нежелательному увеличению аэродинамического сопротивления ствола системы, но и к эжекции (подсосу) воздуха из поэтажных ответвлений, что ухудшает вентиляцию верхних этажей. О таком подсосе свидетельствуют малые значения отношений потерь давления в поэтажном ответвлении к потерям давления в стволе от ответвления и выше на верхних этажах здания. В будущем следует рассчитать значения соотношений указанных аэродинамических сопротивлений при различных скоростях вытяжного воздуха в стволе вытяжной системы на верхних этажах здания при различной этажности зданий и при соблюдении различных нормативных воздухообменов при расчетных наружных условиях.

Окна, которыми оснащаются здания, должны в закрытом состоянии иметь воздухопроницаемость, достаточную для недопущения застоя воздуха в квартире при долгом отсутствии в квартире жителей. В будущем следует определить нормы воздухообмена квартиры для такого случая.

Список литературы

1. Малахов М.А., Савенков А.Е. Опыт проектирования естественно-механической вентиляции в жилых зданиях с теплыми чердаками // *АВОК*. 2008. № 6. С. 20–32.
2. Ливчак В.И. Решение по вентиляции многоэтажных жилых зданий // *АВОК*. 1999. № 6. С. 24–31.
3. Тертичник Е.И. Вентиляция. М.: АСВ, 2015. 608 с.
4. Дацюк Т.А., Ивлев Ю.П. Энергоэффективные решения в вентиляционной практике на базе мате-

References

1. Malakhov M.A., Savenkov A.E. Experience of designing natural-mechanical ventilation in residential buildings with warm attics. *AVOK*. 2008. No. 6, pp. 20–32. (In Russian).
2. Livchak V.I. Decision on ventilation of multi-storey residential buildings. *AVOK*. 1999. No. 6, pp. 24–31. (In Russian).
3. Tertychnik E.I. *Ventilyatsia [Ventilation]*. Moscow: ASV, 2015. 608 p.

- матического моделирования // *Сборник трудов: Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции*. 2009. С. 193–196.
5. Прохоренко А.П., Сизенко О.А. Естественная вентиляция зданий с теплым чердаком // *Сантехника, отопление, кондиционирование*. 2011. № 12 (120). С. 82–83.
 6. Батурин В.В., Эльтерман В.М. Аэрация промышленных зданий. М.: Госстройиздат, 1963. 320 с.
 7. Китайцева Е.Х. Алгоритм решения задачи о воздушном режиме многоэтажных зданий // *Сборник трудов: Проблемы математики и прикладной геометрии в строительстве*. 1982. № 172. С. 5–9.
 8. Титов В.П. Методика аналитического расчета неорганизованного воздухообмена в зданиях // *Сборник трудов: Экономия энергии в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха*. 1985. С. 130–141.
 9. Варапаев В.Н., Китайцева Е.Х. Математическое моделирование задач внутренней аэродинамики и теплообмена зданий. М.: СГА, 2008. 337 с.
 10. Малявина Е.Г., Китайцева Е.Х. Естественная вентиляция жилых зданий // *АВОК*. 1999. № 3. С. 35–43.
 11. Etheridge D. W. Natural Ventilation of Buildings: Theory, Measurement and Design. UK, D. W. Etheridge. – John Wiley & Sons. Chichester, 2012. 428 p.
 12. Litiu A. Ventilation system types in some EU countries // *REHVA Journal*. 2012. № 1 (49), pp. 18–23.
 13. Jamaludin A.A., Hussein H., Ariffin A.R.M., Keumala N. A study on different natural ventilation approaches at a residential college building with the internal courtyard arrangement // *Energy and Building*. 2014. № 72, pp. 340–352.
 14. Yao J. The application of natural ventilation of residential architecture in the integrated design // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2017. Vol. 61. № 012139.
 15. Allocca C., Chen Q., Glicksman L.R. Design analysis of single-sided natural ventilation // *Energy and Buildings*. 2003. № 35, pp. 785–795.
 16. Agakhanova K.M. Calculation air regime of a residential building with individual exhaust channels // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 365. № 022036.
 17. Malyavina E.G., Agakhanova K.M. Computational Study of a Natural Exhaust Ventilation System During the Heating Period // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 1, pp. 116–124.
 18. Malyavina E.G., Agakhanova K.M. Influence of the Inlet Size on the Natural Ventilation System Operation in a Residential Multi-storey Building // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 661. № 012130.
 4. Datsyuk T.A., Ivlev Yu.P. Energy-Efficient solutions in ventilation practice on the basis of mathematical modeling. *Proceedings: Theoretical foundations of heat and gas supply and ventilation*. 2009. pp. 193–196. (In Russian).
 5. Prokhorenko A.P., Sizenko O.A. Natural ventilation of buildings with a warm attic. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie*. 2011. No. 12 (120), pp. 82–83. (In Russian).
 6. Baturin V.V., Elterman V.M. Aeration of industrial buildings. Moscow: Gosstroizdat, 1963. 320 p.
 7. Kitaytseva E.H. Algorithm for solving the problem of air regime of multi-storey buildings. *Proceedings: Problems of mathematics and applied geometry in construction*. 1982. No. 172, pp. 5–9. (In Russian).
 8. Titov V.P. Method of analytical calculation of unorganized air exchange in buildings. *Proceedings: energy Saving in heating, ventilation and air conditioning systems*. 1985, pp. 130–141. (In Russian).
 9. Voropaev V.N., Kitaytseva E.H. Matematicheskoe modelirovanie zadach vnutrennei aerodinamiki i teploobmena zdanii [Mathematical simulation of the internal aerodynamics and heat transfer of buildings]. Moscow: SGA, 2008. 337 p.
 10. Malyavina E.G., Kitaytseva E.H. Natural ventilation of residential buildings. *AVOK*. 1999. No. 3, pp. 35–43. (In Russian).
 11. Etheridge D.W. Natural Ventilation of Buildings: Theory, Measurement and Design. UK, D. W. Etheridge. – John Wiley & Sons. Chichester, 2012. 428 p.
 12. Litiu A. Ventilation system types in some EU countries. *REHVA Journal*. 2012. No. 1 (49), pp. 18–23.
 13. Jamaludin A.A., Hussein H., Ariffin A.R.M., Keumala N. A study on different natural ventilation approaches at a residential college building with the internal courtyard arrangement. *Energy and Building*. 2014. No. 72, pp. 340–352.
 14. Yao J. The application of natural ventilation of residential architecture in the integrated design. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2017. Vol. 61. No. 012139.
 15. Allocca C., Chen Q., Glicksman L.R. Design analysis of single-sided natural ventilation. *Energy and Buildings*. 2003. No. 35, pp. 785–795.
 16. Agakhanova K.M. Calculation of air regime of a residential building with individual exhaust channels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 365. No. 022036.
 17. Malyavina E.G., Agakhanova K.M. Computational Study of a Natural Exhaust Ventilation System During the Heating Period. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 1, pp. 116–124.
 18. Malyavina E.G., Agakhanova K.M. Influence of the Inlet Size on the Natural Ventilation System Operation in a Residential Multi-storey Building. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 661. No. 012130.

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 3-х 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 автором 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 5 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»[®] был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала 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



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Тринадцатая международная специализированная выставка

8 - 10 сентября, 2020

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 3

Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик (пластик, армированный стекловолокном), углепластик (пластик, армированный углеродным волокном), графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК), искусственный камень, искусственный мрамор, металлокомпозиты, нанокompозиты, биокомпозиты и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Инженерные пластики
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Компьютерное моделирование

Специальный раздел выставки:
КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



ufi
Approved
Event

Expo Rating
выставка участник системы

независимый выставочный аудит

Параллельно проводится выставка:
ПОЛИУРЕТАНЭКС
Двенадцатая международная специализированная выставка
www.polyurethanex.ru

Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 10, офис 507
Тел.: 8 495 988-1620 | E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

You Tube youtube.com/user/compoexporusia @compoexporus @ocompo

Организатор:



ПОЛИУРЕТАНЭКС

Двенадцатая международная специализированная выставка

8 - 10 сентября 2020

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 3

Основные разделы выставки:

- Сырье для производства полиуретанов
- Оборудование и станки для производства и переработки полиуретанов
- Обслуживание
- Тестовое оборудование
- Конечная продукция
- Производство лакокрасочных материалов (ЛКМ)
- Использование полиуретанов в:
 - машиностроении, - автомобилестроении, - строительстве (теплоизоляция),
 - железнодорожном транспорте (вкл. вагоностроение), - авиационном транспорте, - трубопроводном транспорте, - электротехнике, - изготовлении товаров бытового назначения, - обивочной промышленности, - легкой промышленности, - медицине, - мебельной промышленности, - химической промышленности, - строительной индустрии, - горнообогатительной промышленности, - металлургии.

Специальный раздел выставки:
КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



ufi
Approved
Event

Expo Rating
выставка участник системы

независимый выставочный аудит

Параллельно проводится выставка:
КОМПОЗИТ-ЭКСПО
13-я международная специализированная выставка
www.composite-expo.ru

Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 10, офис 507
Тел.: 8 495 988-1620 | E-mail: info@polyurethanex.ru | Сайт: www.polyurethanex.ru

You Tube youtube.com/user/polyexporus @polyexporus

Организатор:



9-10 СЕНТЯБРЯ / 2020

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ: ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»

Место проведения:
МОСКВА

МВЦ «Крокус Экспо», отель «Аквариум»
в рамках выставки
«Bauma CTT RUSSIA 2020»

Организатор конференции



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Генеральный спонсор



Спонсор



Генеральные информационные партнеры



НИИ строительство
научно-исследовательский центр

bauma CTT RUSSIA

ФУНДАМЕНТЫ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ И СТРОИТЕЛЕЙ

www.fc-union.com, info@fc-union.com

тел.: +7 (495) 66-55-014, моб.: +7 916 36-857-36