



ISSN 0044-4472

6'2018

# ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

60 лет с отраслью

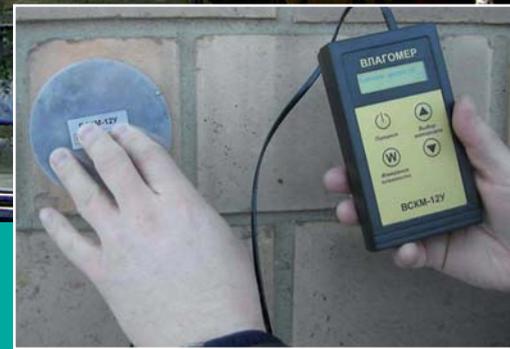
научно-технический и производственный журнал

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

издается с 1958 г.

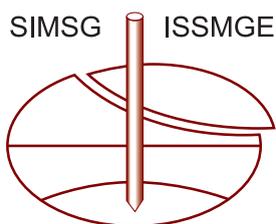
К проведению Международной конференции IX Академические чтения,  
посвященные памяти академика РААСН Г.Л. Осипова

«Актуальные вопросы строительной физики.  
Энергосбережение. Надежность строительных  
конструкций и экологическая безопасность»





Санкт-Петербургский  
Союз Архитекторов  
arcunionspb.ru



TC207 ISSMGE «Soil-Structure  
Interaction and Retaining Walls»  
tc207ssi.org



Институт  
«Геореконструкция»  
georeconstruction.com

Международная конференция по архитектуре и геотехнике  
Технического Комитета 207 ISSMGE

## ПОДЗЕМНАЯ УРБАНИСТИКА: АРХИТЕКТУРА И ГЕОТЕХНИКА

Санкт-Петербург, 19–21 сентября 2018 г., Дом Архитектора (Большая Морская ул., 52)

### Организаторы

- Союз Архитекторов Санкт-Петербурга
- International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE) – Международное общество по механике грунтов и геотехнике
- TC 207 “Soil-Structure Interaction and Retaining Walls” – Технический комитет 207 ISSMGE «Взаимодействие сооружений и оснований, подпорные стены»
- Институт «Геореконструкция», Санкт-Петербург

### Главная задача конференции

Обмен идеями между архитекторами, специалистами по реставрации и сохранению культурного наследия и геотехниками о развитии подземного пространства мегаполиса. В последнее время проводится немало научных конференций, объединяющих специалистов одного профиля. Организаторы конференции считают важным содействовать междисциплинарному общению профессионалов разных специальностей.

Ожидается участие в конференции специалистов из России, СНГ, Европы, Азии, Америки, Австралии. Приглашаем специалистов в области архитектуры, градостроительства, геотехники, инженерной геологии, подземного строительства принять участие в конференции и выступить с докладом.

### Предполагаемые темы конференции

- Генеральный план подземного мегаполиса или «**ЧТО ДОЛЖНО БЫТЬ ПОД ЗЕМЛЕЙ?**»
- Освоение подземного пространства и сохранение исторического центра или «**РАЗВИТИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА КАК СРЕДСТВО СОХРАНИТЬ ИСТОРИЧЕСКИЙ МЕГАПОЛИС**»
- Особенности архитектуры подземного города или «**ДОМ ПОД ЗЕМЛЕЙ**»
- Геотехнологии для освоения подземного пространства или «**КАК ПОСТРОИТЬ ПОДЗЕМНОЕ СООРУЖЕНИЕ**»
- Взаимодействие подземного сооружения и основания или «**КАК РАССЧИТАТЬ ПОДЗЕМНОЕ СООРУЖЕНИЕ**»
- Мониторинг при подземном строительстве или «**КАК СДЕЛАТЬ ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО БЕЗОПАСНЫМ**»

### Информационные ресурсы конференции

RUS: [georeconstruction.ru](http://georeconstruction.ru)    ENG: [tc207ssi.org](http://tc207ssi.org)

Вся необходимая актуальная информация (Бюллетень конференции, Регистрационная форма, Шаблон для оформления статьи) представлена на указанных сайтах.

Для участия в конференции присылайте заполненную регистрационную форму на адреса [georeconstruction@gmail.com](mailto:georeconstruction@gmail.com) и [lisyuk@gmail.com](mailto:lisyuk@gmail.com)

## ПОДЗЕМНАЯ УРБАНИСТИКА: АРХИТЕКТУРА И ГЕОТЕХНИКА

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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ТЕР-МАРТИРОСЯН А.З.,  
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

60 лет отрасли

Издается с 1958 г.

6'2018

## ***К проведению Международной конференции IX Академические чтения, посвященные памяти академика РААСН Г.Л. Осипова «Актуальные вопросы строительной физики. Энергосбережение. Надежность строительных конструкций и экологическая безопасность»***

Е.Г. МАЛЯВИНА, А.В. САВИНА, Ю.Н. ЛЕВИНА

Сравнение экономических показателей схем обработки приточного воздуха  
для крытого аквапарка . . . . . 3

Е.В. КОРКИНА

Критерий эффективности замены стеклопакетов в здании  
с целью энергосбережения . . . . . 6

И.Л. ШУБИН, А.В. КАЛАЙДО

Обеспечение радиационной безопасности объектов строительства  
на стадии их проектирования . . . . . 10

В.В. БРЫЗГАЛИН

Тепловой баланс стены Тромба в климате Центральной России . . . . . 15

К.С. АНДРЕЙЦЕВА

Особенности расчета температурных полей при проектировании  
ограждающих конструкций . . . . . 19

И.А. ШМАРОВ, В.А. ЗЕМЦОВ, В.В. ЗЕМЦОВ, В.А. КОЗЛОВ

Обновленная методика расчета продолжительности инсоляции помещений  
и территорий по инсоляционным графикам . . . . . 24

В.А. СМИРНОВ

Виброзащита верхнего строения пути метрополитена  
с применением конструкции типа «масса-пружина» . . . . . 32

Л.К. БОГОМОЛОВА, В.Д. ИЛЬНИЦКИЙ

Метод ускоренной оценки долговечности алюминиевого профиля  
под действием климатических факторов . . . . . 36

Э.П. ЧЕРНЫШОВА, И.Ю. НИКИШАЕВА, В.Е. ЧЕРНЫШОВ

Архитектурные пространства дохристианского периода . . . . . 40

В.А. АИСТОВ

Оптимизация шумового режима многофункционального  
мультимодального транспортного узла «Сколково» . . . . . 44

## ***Градостроительство и архитектура***

И.С. РОДИОНОВСКАЯ, СЯ ЦИН

Этническая специфика ландшафтно-рекреационного пространства  
в жилой среде Китая . . . . . 49

**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)

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

VAVRENJUK 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)

SUBBOTIN O.,  
Doctor of Architecture (Krasnodar)

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

**The authors**

of published materials are responsible  
for the accuracy of the submitted infor-  
mation, 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 discussion, not  
sharing the point of view of the author.

**Reprinting**

and reproduction of articles, promo-  
tional and illustrative materials are  
possible only with the written permis-  
sion of the editor-in-chief.

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

# ZHILISHCHNOE STROITEL'STVO

Published since 1958

6'2018

**To holding the International Conference IX Academic Readings devoted  
to the memory of G.L Osipov, Academician of RAASN, "Actual Issues of Building  
Physics. Energy Saving. Reliability of Building Structures and Ecological Safety"**

E.G. MALYAVINA, A.V. SAVINA, Yu.N. LEVINA Comparison of Economic Indicators of Schemes of Supply Air Handling for Covered Aqua Park .....	3
E.V. KORKINA Criterion of Efficiency of Glass Units Replacing in the Building with the Purpose of Energy Saving .....	6
I.L. SHUBIN, A.V. KALAYDO Ensuring the Radiation Safety of Construction Projects at the Design Stage .....	10
V.V. BRYZGALIN Thermal Balance of the Trombe Wall in the Climate of Central Russia .....	15
K.S. ANDREYTSEVA Features of Calculation of Temperature Fields When Designing Enclosing Structures .....	19
I.A. SHMAROV, V.A. ZEMTSOV, V.V. ZEMTSOV, V.A. KOZLOV Updated Method of Calculating Time of Sun Effect Duration for Rooms of Residential and Public Buildings and Territories with Insolation Charts .....	24
V.A. SMIRNOV Vibro-Protection of Subway Upper Track Structure of with the Use of the Structure of "Mass-Spring" Type. ....	32
L.K. BOGOMOLOVA, V.D. ILNITSKY Method of Accelerated Evaluation of Durability of Aluminum Profile under the Influence of Climatic Factors .....	36
E.P. CHERNYSHOVA, I.U. NIKISHAEVA, V.E. CHERNYSHOV Architectural Spaces of the Pre-Christian Period .....	40
V.A. AISTOV Optimization of Noise Mode of the Multifunctional Multimodal Transport Hub "Skolkovo" ...	44
<b>Town planning and architecture</b>	
I.S. RODIONOVSKAYA, XIA QING Ethnic Specificity of Landscape-Recreation Area in Living Environment of China .....	49

УДК 628.83

Е.Г. МАЛЯВИНА<sup>1</sup>, канд. техн. наук (emal@list.ru), А.В. САВИНА<sup>1</sup>, магистр; Ю.Н. ЛЕВИНА<sup>2</sup>, инженер

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

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

## Сравнение экономических показателей схем обработки приточного воздуха для крытого аквапарка

*Целью статьи является сравнение совокупных дисконтированных затрат на осушение воздуха в ванном зале аквапарка при трех режимах использования осушителей приточного воздуха в составе установок кондиционирования воздуха. Рассмотрены три конфигурации установок: с водяным воздухоохладителем в качестве осушителя; с тепловым насосом в качестве осушителя; установка, в которой для осушки приточного воздуха в рабочее для аквапарка время тепловой насос работает только в теплый период года. В нерабочее время тепловой насос задействован круглогодично. Рассчитаны совокупные дисконтированные затраты для всех трех вариантов. Для зала с ваннами бассейнов крытого аквапарка применение теплового насоса для осушения приточного воздуха является экономически целесообразным по сравнению с поверхностным воздухоохладителем, если в рабочее время тепловой насос используется только в теплый период года, а в нерабочее время – в течение всего года.*

**Ключевые слова:** аквапарк, осушитель воздуха, повторяемость сочетаний температуры и относительной влажности, режим эксплуатации, энергозатраты, совокупные дисконтированные затраты.

**Для цитирования:** Мальявина Е.Г., Савина А.В., Левина Ю.Н. Сравнение экономических показателей схем обработки приточного воздуха для крытого аквапарка // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 3–5.

E.G. MALYAVINA<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), A.V. SAVINA<sup>1</sup>, Master; Yu.N. LEVINA<sup>2</sup>, Engineer

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

<sup>2</sup> Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences  
(21, Lokomotivnyi Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

### Comparison of Economic Indicators of Schemes of Supply Air Handling for Covered Aqua Park

The purpose of the article is to compare the cumulative discounted costs of air drying in the bath hall of the Aqua Park with three modes of the use of supply air dryers as part of air conditioning units. Three configurations of installations are considered: with a water air cooler as a desiccant; with a heat pump as a desiccant and a unit in which for drying the supply air during the working time for the aqua park, the heat pump works only in the warm period of the year. In non-working hours the heat pump is involved all year-round. The cumulative discounted costs for all three options are calculated. For the hall with swimming baths of the covered aqua park, the application of a heat pump for supply air drying is economically feasible compared to a surface air cooler if in the working time, the heat pump is only used during the warm season and during the non-working hours throughout the year.

**Keywords:** aqua park, air dryer, repeatability of temperature combinations, relative humidity, operation conditions, energy expenditures, cumulative discounted costs.

**For citation:** Malyavina E.G., Savina A.V., Levina Yu.N. Comparison of economic indicators of schemes of supply air handling for covered aqua park. *Zhilyshchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6, pp. 3–5. (In Russian).

Основной проблемой для крытых бассейнов и аквапарков является повышенная влажность внутреннего воздуха из-за испарения с водной поверхности бассейна, с мокрых дорожек и предметов, находящихся в помещении ванного зала [1, 2]. Цель статьи – показать, что при выборе той или иной схемы обработки приточного воздуха с функцией его осушки необходимо учитывать не только климат района строительства, но и экономические показатели вариантов этих решений.

Избыточная влага неизбежно вызывает или ускоряет разрушение наружных ограждающих конструкций при периодических промерзаниях и оттаиваниях влаги в порах и микротрещинах; электрохимическую коррозию металлических изделий, например арматуры в железобетонных конструкциях, оборудования и воздухопроводов систем вен-

тиляции и кондиционирования и т. д.; биологические повреждения в результате образования плесени, появления грибков и т. д. [3]. Рекомендуемые проектные решения по обработке приточного воздуха для достижения им необходимых кондиций известны [4–6].

Когда речь идет о климате, то имеются в виду не только расчетные значения температуры и влажности наружного воздуха в районе строительства, но и повторяемость сочетаний этих параметров в течение года, так как обработка воздуха при различных значениях упомянутых сочетаний различна и по технологии, и по стоимости [7].

**Варианты сравнения.** Сравняются экономические показатели трех режимов использования осушителей приточного воздуха для зала с ваннами бассейнов крытого аквапарка в составе установки центрального кондиционера.

Таблица 1

Годовые затраты теплоты и холода на обработку приточного воздуха

Вариант	Расход холода, кВт·ч	Затраты теплоты воздухонагревателем кВт·ч	Затраты теплоты утилизатором, кВт·ч	Возврат теплоты тепловым насосом, кВт·ч	Общий расход теплоты, кВт·ч
1	1 802 780	1 903 491	629 100	–	2 532 591
2	1 802 780	1 099 696	752 488	680 406	2 532 591
3	1 802 780	1 780 103	752 488	–	2 532 591

Таблица 2

Капитальные и годовые эксплуатационные затраты

Перечисление затрат	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Капитальные затраты, р.			
Стоимость оборудования	15 785 770	16 881 274	16 881 274
Стоимость монтажа и наладки оборудования	100 000	125 000	125 000
ИТОГО	15 885 770	17 006 274	17 006 274
Эксплуатационные затраты, р./год			
Стоимость электроэнергии на привод насосов	177 468,5	8 551,6	26 735,4
Стоимость электроэнергии на привод вентилятора	2 278 476	2 278 476	2 278 476
Стоимость электроэнергии на привод теплового насоса, р./год	–	3 189 516,1	2 315 570,7
Стоимость электроэнергии на холодильную станцию	2 742 122,5	–	–
Стоимость тепловой энергии	1 077 716,3	622 624,6	1 007 856
Амортизационные отчисления	2 382 865,5	2 550 941,1	2 550 941,1
ИТОГО	8 658 648,8	8 650 109,4	8 179 579,2

Таблица 3

Совокупные дисконтированные затраты в зависимости от срока эксплуатации установок

Год	Совокупные дисконтированные затраты, р.		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
0	15 885 770	17 006 274	17 006 274
1	26 132 996	27 357 011	26 886 481
2	37 404 944	38 742 821	37 754 708
3	49 804 087	51 267 213	49 709 758
4	63 443 145	65 044 043	62 860 313
5	78 446 108	80 198 557	77 325 923

Причем для сравнения приняты две наиболее часто применяемые при проектировании конфигурации установок: с использованием водяного воздухоохладителя в качестве осушителя – вариант 1; с использованием теплового насоса в качестве осушителя – вариант 2. Дополнительный вариант 3 предусмотрен на базе варианта 2. Здесь для осушки приточного воздуха в рабочее для аквапарка время тепловой насос будет работать только в теплый период года. В холодный и переходный периоды года подогревать воздух до нужной температуры в рабочее время будет дополнительный воздухонагреватель. Т. е. не будет второй ступени рекуперации теплоты. В нерабочее время тепловой насос задействован круглогодично.

**Результаты.** Рассматривались режимы эксплуатации аквапарка в зависимости от загруженности бассейна людьми и возможной погоды в районе строительства. Отличие представленного в статье рассмотрения от обычного климатического обеспечения при проектировании работы установок в различных режимах состоит в учете повторяемости в течение года сочетаний температуры и относительной влажности наружного воздуха (Российский гидрометеорологический портал. Гидрометеорологические данные Российского государственного фонда данных о состоянии природной среды. <http://meteo.ru/>. Дата обращения 10.03.2017).

Прежде всего, были определены энергозатраты на обработку приточного воздуха в каждом варианте, окончательные результаты которых представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1 общие затраты холода и теплоты на обработку приточного воздуха для зала с ваннами бассейнов крытого аквапарка одинаковы для всех вариантов

режимов эксплуатации. В варианте 1 одна ступень утилизации теплоты – теплоутилизатор с промежуточным теплоносителем, который забирает теплоту у вытяжного воздуха и передает ее приточному. В варианте 2 две ступени – это пластинчатый рекуператор и тепловой насос. В варианте 2 достигается экономия теплоты 57% от общего ее количества, тогда как в варианте 1 – 25%. Но тепловой насос потребляет электрическую энергию, стоимость которой превышает стоимость тепловой, поэтому для выяснения, какая схема обработки приточного воздуха экономически выгодна, следует выполнить экономическое сравнение вариантов. Вариант 3 не использует тепловой насос для рекуперации теплоты. Экономия в этом случае составляет 29,7%, что больше, чем в варианте 1.

В табл. 2 приведены капитальные и эксплуатационные затраты в течение года на обеспечение заданного микроклимата в ванном зале аквапарка в трех режимах эксплуатации.

По данным табл. 2 рассчитаны совокупные дисконтированные затраты [8] на придание требуемых кондиций приточному воздуху при норме дисконта 10%. Результаты этих расчетов представлены в табл. 3.

Из табл. 2 следует, что самые низкие капитальные затраты имеет вариант 1; в вариантах 2 и 3 они одинаковы, так как режимы 2 и 3 обеспечиваются одной и той же установкой. Эксплуатационные годовые расходы самые низкие в варианте 3, а высокие – в варианте 2. Такое сочетание капитальных и эксплуатационных расходов обеспечило окупаемость капитальных затрат варианту 3 по сравнению с вариантом 1 менее чем за три года, что прослеживается по табл. 3.

Таким образом, вариант 2 на протяжении пятилетнего периода эксплуатации вентиляционного оборудования финансово более затретен, чем вариант 1. Но если тепловой насос будет работать только на осушку воздуха для зала с ваннами бассейнов аквапарка (вариант 3), то эксплуатационные затраты на этот вариант по сравнению с вариантом 1 окупятся за три года. Поэтому именно вариант 3 является экономически и энергетически целесообразным для крытого аквапарка.

### Список литературы

1. Алейников А.Е., Федоров А.Б. Испарение влаги с водных поверхностей крытых аквапарков // *СтройПрофиль*. 2013. № 7. С. 35–39.
2. Harriman, L.G., Plager D., Kosar D. R. Dehumidification and cooling loads from ventilation air // *ASHRAE Journal*. 2014. № 29(11). P. 37–45.
3. Бассейны для физкультурно-оздоровительных занятий и досуга // *Сантехника*. 2017. № 3. С. 52–57.
4. Xiaojun Ma, Yiwen Jian, Yue Cao. A new national design code for indoor air environment of sports buildings // *Facilities*. 2016. № 13. P. 52–58.
5. Ильина Т.Н., Глебова О.В., Небыльцова И.В. Инновационные способы микроклиматической поддержки в помещениях крытых бассейнов // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2016. № 8. С. 113–116.
6. Ушанов Э.А. Организация эффективного воздухо-пределаения в плавательных бассейнах // *Сантехника, Отопление. Кондиционирование*. 2017. № 2. С. 70–72.
7. Малявина Е.Г., Крючкова О.Ю., Козлов В.В. Сравнение моделей климата для расчетов энергопотребления центральными системами кондиционирования воздуха // *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 24–26.
8. Малявина Е.Г. Выявление экономически целесообразной теплозащиты наружных ограждений трехэтажного здания // *Жилищное строительство*. 2016. № 6. С. 13–15.

### References

1. Alejnikov A.Y., Fodorov A.B. Evaporation of moisture from water surface of indoor water park. *StroyProfil*. 2013. No. 7, pp. 35–39 (In Russian).
2. Harriman, L.G., Plager D., Kosar D. R. Dehumidification and cooling loads from ventilation air. *ASHRAE Journal*. 2014. No. 29(11), pp. 37–45.
3. Swimming Pools for Sports and Recreating. *San tehnika*. 2017. No. 3, pp. 52–57. (In Russian).
4. Ilina T.N., Glebova O.V., Nebyltsova I.V. Innovative methods of microclimatic support in halls of indoor swimming pools. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova*. 2016. No. 8, pp. 113–116. (In Russian).
5. Xiaojun Ma, Yiwen Jian, Yue Cao. A new national design code for indoor air environment of sports buildings. *Facilities*. 2016. No. 13, pp. 52–58.
6. Ushanov E.A. Organization of effective air distribution in swimming pool. *San tehnika. Otoplenie. Kondicionirovanie*. 2017. No. 2, pp. 70–72. (In Russian).
7. Malyavina E.G., Kruchkova O.Yu. Kozlov V.V. Comparison of Climate Models for Calculating Energy Consumption by Central Systems of Air Conditioning. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 6, pp. 24–26. (In Russian).
8. Malyavina E.G. Revealing of Economic Reasonability of Heat Insulation of Three-Storey Building's External Enclosing Structures. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 6, pp. 13–15. (In Russian).

## СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

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

#### Книга «Защита деревянных конструкций»

Автор – А.Д. Ломакин

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



#### Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

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

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



Для приобретения специальной литературы обращайтесь  
в издательство «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru

УДК 697.133

Е.В. КОРКИНА<sup>1,2</sup>, канд. техн. наук (Elena.v.korkina@gmail.com)

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

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

## Критерий эффективности замены стеклопакетов в здании с целью энергосбережения

*Применение энергосберегающего остекления в зданиях способствует снижению трансмиссионных теплопотерь и, следовательно, экономии энергии на отопление, но при этом следует учитывать, что такое остекление снижает поступление теплоты в здание от солнечной радиации. Для определения целесообразности замены остекления в здании на энергосберегающее необходим комплексный показатель для оценки эффективности его применения. В данной работе представлена критериальная оценка, основанная на расчете теплопоступлений и теплопотерь для всего здания через заполнения светопроемов, введены понятия радиационно-температурного коэффициента климата и коэффициента передачи теплоты от облучения солнечной радиацией через оконный блок. Проведен расчет на примере здания, условно расположенного в трех городах с разным климатом, сделано заключение о допустимости использования энергосберегающего остекления, кроме одного варианта.*

**Ключевые слова:** теплопотери, энергосберегающее остекление, низкоэмиссионное покрытие, теплопоступления, солнечная радиация, критерий, энергосбережение.

**Для цитирования:** Коркина Е.В. Критерий эффективности замены стеклопакетов в здании с целью энергосбережения // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 6–9.

E.V. KORKINA<sup>1,2</sup> Candidate of Sciences (Engineering) (Elena.v.korkina@gmail.com)

<sup>1</sup> Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences  
(21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

<sup>2</sup> National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

### Criterion of Efficiency of Glass Units Replacing in the Building with the Purpose of Energy Saving

The use of energy-saving glazing in buildings contributes to the reduction in transmission heat losses and, consequently, energy savings for heating, but it should be taken into account that such glazing reduces the heat input to the building from solar radiation. To determine the feasibility of replacing the glazing in the building with energy-saving glazing, a comprehensive indicator is needed to assess the effectiveness of its application. This paper presents a criterion assessment based on the calculation of heat gain and heat losses for the whole building through filling light openings, introduces the concept of radiation-temperature coefficient of climate and heat transfer coefficient from solar radiation through the window unit. The calculation is made on the example of the building, conditionally located in three cities with different climates, a conclusion about the acceptable use of energy-efficient glazing, except for one option, is drawn.

**Keywords:** energy-saving glazing, low-emission coating, heat gains, solar radiation, criterion, energy saving.

**For citation:** Korkina E.V. Criterion of efficiency of glass units replacing in the building with the purpose of energy saving. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6. pp. 6–9. (In Russian).

Наибольшие трансмиссионные теплопотери в здании происходят через заполнения оконных проемов. С целью снижения теплопотерь в зданиях устанавливаются стеклопакеты со стеклами, имеющими энергосберегающие покрытия [1, 2], при этом снижаются и теплопоступления от солнечной радиации в течение отопительного периода [3]. Вместе с тем использование энергии солнечного излучения для экономии энергии, потребляемой зданием, является важным аспектом изучения современной строительной науки [3–5]. В связи с этим предлагаются различные модели расчета поступления солнечной радиации на поверхность фасадов различно ориентированных зданий [6, 7]. В работе [3] рассмотрен подход, основанный на сравнении теплопотерь и теплопоступлений через 1 м<sup>2</sup> площади окна при замене стеклопакета на энергосберегающий. Однако при рассмотрении мероприятий по повышению экономии потребляемой энергии в зданиях

важно проводить комплексную оценку обеспечения энергосбережения выбранными оконными блоками и определить наиболее подходящие для конкретного здания и климата. Разработке такого подхода посвящена настоящая работа.

Предлагаемая методика основана на расчете теплопотерь и теплопоступлений через заполнения светопроемов здания, не затененного другими зданиями. В расчетах используются следующие характеристики остекления:  $g$  – коэффициент общего пропускания солнечной радиации, или солнечный фактор, отн. ед., принимается по данным производителей остекления;  $U$  – коэффициент теплопередачи оконного блока, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), рассчитывается согласно [8];  $\tau_2$  – коэффициент, учитывающий затенение светового проема непрозрачными элементами заполнения, отн. ед., рассчитывается согласно [9];  $A$  – площадь оконного блока по наружному обмеру, м<sup>2</sup>.

Характеристики климата:  $I_{ji}^{веп}$  – солнечная радиация, поступающая на  $j$ -тый фасад в течение  $i$ -того месяца отопительного периода, МДж/(год·м<sup>2</sup>); ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год.

Расчет суммарной радиации за отопительный период  $I_j^{веп}$  для фасада, ориентированного по направлению  $j$ , МДж/(год·м<sup>2</sup>), проводится суммированием прямой  $S_{ji}^{веп}$ , рассеянной  $D_i^{веп}$  и отраженной радиации на вертикальную поверхность за отопительный период [6]. Эти составляющие радиации, в свою очередь, рассчитываются через одноименные составляющие, поступающие на горизонтальную поверхность  $S_i^{роп}$ ,  $D_i^{роп}$ ,  $R_i^{роп}$  по формуле:

$$I_j^{веп} = \sum_{i=1}^m I_{ji}^{веп} = \sum_{i=1}^m (S_{ji}^{веп} + D_i^{веп} + R_i^{веп}) = \sum_{i=1}^m (S_i^{роп} K_{ГВji} + D_i^{роп}/2 + I_i^{роп} \cdot Ak_i/200), \quad (1)$$

где:  $m$  – число месяцев отопительного периода;  $K_{ГВji}$  – коэффициент пересчета для  $j$ -той ориентации и  $i$ -того месяца, принимается по СП 23-101-2004\*;  $Ak_i$  – альbedo подстилающей поверхности для  $i$ -того месяца. Значения  $S_i^{роп}$ ,  $D_i^{роп}$ ,  $I_i^{роп}$ ,  $Ak_i$  принимаются по [10].

В расчете по формуле (1) участвует интенсивность общей солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность,  $I_i^{роп}$ , которая складывается из интенсивности прямой и рассеянной радиации и представляется в виде, который можно преобразовать как сумму долей прямой и рассеянной радиации от общей, умноженных на общую радиацию:

$$I_i^{роп} = S_i^{роп} + D_i^{роп} = \eta_{S,i} \cdot I_i^{роп} + \mu_{D,i} \cdot I_i^{роп}, \quad (2)$$

где  $\eta_{S,i} = S_i^{роп}/I_i^{роп}$  – доля прямой радиации от общей радиации для  $i$ -того месяца, отн. ед.;  $\mu_{D,i} = D_i^{роп}/I_i^{роп}$  – доля рассеянной радиации от общей радиации для  $i$ -того месяца, отн. ед.

Тогда расчетную формулу (1) для солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность, можно представить в виде:

$$I_j^{веп} = \sum_{i=1}^m (\eta_{S,i} \cdot I_i^{роп} \cdot K_{ГВji} + \mu_{D,i} \cdot I_i^{роп}/2 + I_i^{роп} \cdot Ak_i/200) = \sum_{i=1}^m I_i^{роп} \cdot (\eta_{S,i} \cdot K_{ГВji} + \mu_{D,i}/2 + Ak_i/200). \quad (3)$$

#### Вывод критерия эффективности замены стеклопакетов в здании

Для оценки целесообразности замены стеклопакетов в здании с целью энергосбережения разница в теплопотерях должна превышать разницу в теплопоступлениях за отопительный период, так как стеклопакеты со стеклами с покрытиями должны обеспечивать повышенную теплозащиту, но минимально снижать поступление солнечной радиации:

$$Q_{тр}^{бп} - Q_{тр}^{эп} > Q_{рад}^{бп} - Q_{рад}^{эп}, \quad (4)$$

где  $Q_{рад}^{бп}$  и  $Q_{рад}^{эп}$  – величина теплопоступлений от солнечной радиации и трансмиссионных теплопотерь через окна при установке стеклопакетов со стеклами без низкоэмиссионных покрытий (индекс «бп»), МДж/год соответственно;  $Q_{рад}^{эп}$

и  $Q_{тр}^{эп}$  – величина теплопоступлений и трансмиссионных теплопотерь через окна при установке стеклопакетов со стеклами с низкоэмиссионными покрытиями (индекс «эп»), МДж/год соответственно.

Расчет теплопоступлений через окна для всего здания проводится по формуле [3]:

$$Q_{рад}^{бп,эп} = \sum_{j=1}^J [I_j^{веп} \cdot \sum_{n=1}^{N_j} g_{jn}^{бп,эп} \cdot \tau_{2jn} \cdot A_{jn}], \quad (5)$$

где  $J$  – количество фасадов в здании, шт.;  $N_j$  – количество окон на  $j$ -м фасаде, шт.

Расчет теплопотерь через окна для всего здания проводится по формуле [8]:

$$Q_{тр}^{бп,эп} = 0,0864 \cdot \text{ГСОП} \cdot \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_j} \frac{A_{jn}}{R_{jn}^{бп,эп}}, \quad (6)$$

Тогда неравенство (4) записывается в виде:

$$0,0864 \cdot \text{ГСОП} \cdot \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_j} A_{jn} \cdot \left( \frac{1}{R_{jn}^{бп}} - \frac{1}{R_{jn}^{эп}} \right) > \sum_{j=1}^J [I_j^{веп} \cdot \sum_{n=1}^{N_j} \tau_{jn} \cdot A_{jn} \cdot (g_{jn}^{бп} - g_{jn}^{эп})]. \quad (7)$$

Далее для упрощения математических выкладок делается допущение, что здание имеет одинаковые по размеру и конфигурации заполнения светопроемов и одинаковое их количество на каждом фасаде, тогда:

$$U = U_{jn}, \quad g = g_{jn}, \quad \tau_2 = \tau_{2jn}. \quad (8)$$

Суммарная площадь остекления одного фасада и всего здания вычисляется, соответственно, м<sup>2</sup>:

$$A_{\phi j} = \sum_{n=1}^{N_j} A_{jn}, \quad A_0 = \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_j} A_{jn}. \quad (9)$$

С учетом (8) и (9) условие (7) можно записать в виде:

$$0,0864 \cdot \text{ГСОП} \cdot A_0 \cdot \left( \frac{1}{R^{бп}} - \frac{1}{R^{эп}} \right) > (g^{бп} - g^{эп}) \cdot \tau_2 \cdot A_{\phi} \sum_{j=1}^J I_j^{веп}. \quad (10)$$

После преобразований с учетом (9) и с учетом того, что сопротивление теплопередаче является величиной, обратной коэффициенту теплопередачи  $U^{бп,эп} = 1/R^{бп,эп}$ :

$$(U^{бп} - U^{эп}) > (g^{бп} - g^{эп}) \tau_2 \frac{\sum_{j=1}^J I_j^{веп}}{0,0864 \cdot \text{ГСОП} \cdot J}. \quad (11)$$

Для дальнейшего вывода вводятся обозначения:

1.  $L_{мес,i}$  – радиационно-температурный коэффициент климата за месяц, МДж·год/(°С·сут·м<sup>2</sup>). Этот коэффициент отражает отношение поступления теплоты от радиации на горизонтальную поверхность за месяц к 1°С перепада температуры и к единице времени в течение отопительного периода. Рассчитывается по формуле:

$$L_{мес,i} = \frac{I_i^{роп}}{\text{ГСОП}}. \quad (12)$$

2.  $L_{\phi,j}$  – радиационно-температурный коэффициент  $j$ -го фасада за отопительный период, МДж/(°С·сут·м<sup>2</sup>). Этот коэффициент отражает поступление теплоты от радиации на фасад к 1°С перепада температуры и к единице времени в

\* СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. Москва. 2004. 144 с.

течение отопительного периода. С учетом (3) рассчитывается по формуле:

$$L_{\phi, j} = \frac{1}{0,0864} \cdot \sum_{i=1}^m L_{\text{мес}, i} \cdot (\eta_{S_i} \cdot K_{\Gamma_{\text{В}ji}} + \mu_{D_i} / 2 + Ak_i / 200). \quad (13)$$

3.  $M$  – коэффициент передачи теплоты от проникающей солнечной радиации через оконный блок в здание при заданной разности температуры в течение отопительного периода (сокращенно – коэффициент передачи теплоты от радиации через оконный блок), МДж/(°С·сут·м²). Рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{g \cdot \tau_2}{J} \cdot \sum_j L_{\phi, j}. \quad (14)$$

Физический смысл данной характеристики состоит в том, что она равна приходу энергии солнечной радиации за отопительный период, отнесенной к среднему перепаду температуры за отопительный период, деленной на продолжительность отопительного периода.

После подстановки введенных обозначений (12)–(14) условие (11) эффективности замены стеклопакетов для энергосбережения тепловой энергии для всего здания имеет вид:

$$\frac{U^{\text{бп}} - U^{\text{эп}}}{M^{\text{бп}} - M^{\text{эп}}} > 1. \quad (15)$$

Левая часть неравенства обозначается:

$$M_0 = \frac{U^{\text{бп}} - U^{\text{эп}}}{M^{\text{бп}} - M^{\text{эп}}}, \quad (16)$$

и критерий эффективности применения энергосберегающего остекления (15) принимает вид:

$$M_0 > 1. \quad (17)$$

Можно видеть, что левая часть неравенства (15) и величина  $M_0$  безразмерная:

$$\begin{aligned} [U]/[M] &= \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}} / \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут}} = \text{Вт} / \frac{\text{МДж}}{\text{сут}} = \\ &= 86400 \text{ Вт} \cdot \text{с} / \text{МДж} = 0,0864. \end{aligned}$$

Физический смысл данного критерия следующий: при замене стеклопакетов на энергосберегающие в здании уменьшение оттока теплоты через оконные блоки должно быть больше уменьшения притока теплоты от солнечной радиации через оконные блоки. Или: разность потока теплоты наружу через все оконные блоки здания должна быть больше разности потока теплоты от радиации через все оконные блоки здания при применении стекол без и с энергосберегающими покрытиями, т. е. сокращение теплопотерь должно быть больше сокращения теплопоступлений.

Данный критерий можно использовать при оценке целесообразности замены стеклопакетов в здании на энергосберегающие. Чем больше значение критерия, тем больше вариант остекления способствует энергосбережению для конкретного здания, расположенного в заданном климате.

#### Пример расчета

Для проведения расчетов рассматривается односекционное здание, предположительно находящееся в Москве ГСОП=4551°С·сут/год, в Краснодаре ГСОП=2537°С·сут/год и в Благовещенске ГСОП=6447°С·сут/год, при условии отопления жилого дома со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной и ниже 8°С. Фасады здания ори-

Таблица 1

Характеристики стеклопакетов, используемые для расчетов

№	Формула стеклопакета	Характеристика стекол	g, отн. ед	U <sub>0</sub> , Вт/(м²·°С)
1	4M1-16Ar-4M1-16Ar-4M1	Без покрытий	0,68	1,7
2	4И-16Ar-4M1-16Ar-4И	Низко-эмиссионные	0,63	0,7
3	4СИ-16Ar-4M1	Низко-эмиссионные, солнцезащитные	0,45	1

Таблица 2

Результаты расчетов эффективности применения энергосберегающего остекления

Значения	Стеклопакет № 1, индекс «бп»	Стеклопакет № 2 Стеклопакет № 3 индекс «эп»	Разница	M <sub>0</sub>
U, Вт/(м²·°С)	1,56	0,9	0,66	–
		1,1	0,46	
M, МДж/(°С·сут·м²), Москва	0,96	0,89	0,07	9,4
		0,63	0,33	1,4
M, МДж/(°С·сут·м²), Краснодар	1,18	1,09	0,09	7,3
		0,78	0,4	1,2
M, МДж/(°С·сут·м²), Благовещенск	1,46	1,36	0,1	6,6
		0,97	0,49	0,9

ентированы по четырем основным румбам. Оконные блоки имеют одинаковые теплотехнические характеристики и конфигурацию, их количество на каждом фасаде 100 шт. Характеристики стеклопакетов со стеклами без покрытий и с энергосберегающими покрытиями приведены в табл. 1. Значение коэффициентов, учитывающих затенение светового проема непрозрачными элементами заполнения, составляет  $\tau_2=0,62$  отн. ед., площадь окна составляет  $A=2$  м². По результатам расчета согласно методике [8] значение приведенного сопротивления теплопередаче оконного блока составило  $R_{\text{прив}}=0,64$  и  $1,1$  м²·°С/Вт соответственно при установке стеклопакетов без покрытий и с покрытиями; сопротивление теплопередаче переплетов, по данным производителя, принято равным  $0,78$  м²·°С/Вт.

Оценка эффективности замены стеклопакетов с целью энергосбережения для всего здания проводится с использованием неравенства (15). Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Как видно из данных табл. 2, значение критерия  $M_0$  больше единицы для варианта стеклопакета № 2 (с низкоэмиссионными стеклами), применяемого в рассмотренном здании, для всех трех городов, что означает выполнение условия эффективности применения такого остекления с целью энергосбережения. При этом наиболее выгодно применение стеклопакета № 2 в здании, расположенном в Москве.

Значение критерия  $M_0$  близко к единице для здания с остеклением стеклопакетом № 3 (с низкоэмиссионными и солнцезащитными стеклами), которое предположительно расположено в Москве и Краснодаре, тем не менее применение данного остекления считается эффективным с целью энергосбережения. Для здания, расположенного в Благовещенске, значение критерия меньше единицы, следовательно, применение стеклопакета № 3 не способствует экономии энергии в данном случае.

Таким образом, выведен критерий эффективности применения стеклопакетов со стеклами с низкоэмиссионными покрытиями для всего здания, расположенного в конкрет-

ном климате. В критерии учитываются теплопоступления от солнечной радиации и трансмиссионные теплотери через заполнения светопроемов. Расчет критерия на примере здания, предположительно находящегося в трех городах, показал выгоду замены стеклопакетов на энергосберегающие, кроме одного варианта остекления.

Представленный критерий можно применять на этапе подбора стеклопакетов, имеющих энергосберегающие характеристики, для конкретного здания и климата.

#### Список литературы

1. Куприянов В.Н., Седова Ф.Р. Обоснование и развитие энергетического метода расчета инсоляции жилых помещений // *Жилищное строительство*. 2015. № 5. С. 83–87.
2. Стецкий С.В., Кузнецова П.И. Светотехнические, солнцезащитные и информативные качества окон нетрадиционной формы в гражданских зданиях стран с жарким солнечным климатом // *Научное обозрение*. 2017. № 10. С. 20–25.
3. Гагарин В.Г., Коркина Е.В., Шмаров И.А. Теплопоступления и теплотери через стеклопакеты с повышенными теплозащитными свойствами // *Academia. Архитектура и строительство*. 2017. № 2. С. 106–110.
4. Krigger J., Waggoner T. Passive Solar Design for the Home. Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse. DOE/GO-102001-1105.
5. O'Brien W., Kesik T., Athienitis A. The use of solar design days in a passive solar house conceptual design tool. *3rd Canadian Solar Buildings Conference Fredericton*. N.B. 2008. August 20–22. Pp. 164–171.
6. Коркина Е.В., Горбаренко Е.В., Гагарин В.Г., Шмаров И.А. Основные соотношения для расчета облучения солнечной радиацией стен отдельно стоящих зданий // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 27–33.
7. Ivanova S.M. Estimation of background diffuse irradiance on orthogonal surfaces under partially obstructed anisotropic sky. Part 1 – Vertical surfaces // *Solar Energy*. 2013. Pp. 376–391.
8. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Неклюдов А.Ю. Учет теплопроводных включений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // *БСТ*. 2016. № 2 (978). С. 57–61.
9. Земцов В.А., Гагарина Е.В. Расчетно-экспериментальный метод определения общего коэффициента пропускания света оконными блоками // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 472–476.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 1–34. СПб.: Гидрометеоздат, 1989–1998.

#### References

1. Kupriyanov V.N., Sedova F.R. Justification and development of a power method of calculation of insolation of premises // *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 5, pp. 83–87. (In Russian).
2. Stetskiy S.V., Kuznetsova P.I. Lighting, sun-protection and informative qualities of windows of a nonconventional form in civil buildings of the countries with hot solar climate. *Nauchnoe obozrenie*. 2017. No. 10, pp. 20–25. (In Russian).
3. Gagarin V.G., Korkina E.V., Shmarov I.A. Heat gain and heat loss through glazing with high thermal properties. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2017. No. 2, pp. 106–110. (In Russian).
4. Krigger J., Waggoner T. Passive Solar Design for the Home. Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse. DOE/GO-102001-1105.
5. O'Brien W., Kesik T., Athienitis A. The use of solar design days in a passive solar house conceptual design tool. *3rd Canadian Solar Buildings Conference Fredericton*. N.B. 2008. August 20–22, pp. 164–171.
6. Korkina E.V., Gorbarenko E.V., Gagarin V.G., Shmarov I.A. Basic Ratios for Calculation of Irradiation of Solar Radiation of Walls of Detached Buildings. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 27–33. (In Russian).
7. Ivanova S.M. Estimation of background diffuse irradiance on orthogonal surfaces under partially obstructed anisotropic sky. Part 1 – Vertical surfaces. *Solar Energy*. 2013, pp. 376–391.
8. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Neklyudov A.Yu. Accounting of heat-conducting inclusions when determining thermal load of the system of heating of the building. *BST*. 2016. No. 2 (978), pp. 57–61. (In Russian).
9. Zemtsov V.A., Gagarina E.V. Calculation-experimental method determination of the general coefficient light transmission window blocks. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. No. 3, pp. 472–476. (In Russian).
10. Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnoogoletnie dannye. [The scientific and application-oriented reference manual on climate of the USSR. Series 3. Long-term data.] Part 1–6. Iss. 1–34. Sankt-Petersburg: Gidrometeoizdat. 1989–1998. (In Russian).

## НОВОСТИ

### Утверждены правила проектирования автономных источников теплоснабжения

В документе прописаны требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям интеграции автономных источников теплоснабжения, к их основному и вспомогательному оборудованию, к водно-химическому режиму работы, топливоснабжению, трубопроводам и арматуре.

Кроме того, установлены требования к системам подачи воздуха на горение и удаление продуктов сгорания, электроснабжению и электрооборудованию, энергетической эффективности, к обеспечению надежности и ремонтно-пригодности оборудования автономных источников теплоснабжения, а также дополнительные требования к строительству в особых природных условиях.

Требования документа распространяются на проектирование автономных источников теплоснабжения, предназначенных для теплоснабжения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения жилых многоквартирных зданий высотой до 75 м включительно, общественных зданий

и сооружений высотой до 55 м включительно, производственных зданий, сооружений промышленных предприятий и технологического теплоснабжения промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Требования не распространяются на проектирование автономных источников теплоснабжения с электродными котлами, котлами-утилизаторами, котлами с высокотемпературными органическими теплоносителями, другими специализированными видами котлов для технологических целей, блочно-модульных котельных и теплогенераторных установок мощностью до 360 МВт.

Свод правил разработан авторским коллективом ООО «СанТехПроект», прошел экспертизу подведомственного Минстрою России ФАУ ФЦС и Технического комитета по стандартизации ТК 465 «Строительство».

По материалам Минстрою РФ

УДК 614.8.086.5

И.Л. ШУБИН<sup>1</sup>, член-корр. РААСН, д-р техн. наук, директор,  
А.В. КАЛАЙДО<sup>2</sup>, канд. техн. наук (kalaydo18@mail.ru)

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

<sup>2</sup> Луганский национальный университет им. Тараса Шевченко (91011, г. Луганск, ул. Оборонная, 2)

## Обеспечение радиационной безопасности объектов строительства на стадии их проектирования

*Предложен принципиально новый подход к обеспечению требуемого уровня радоновой безопасности объектов строительства на стадии их проектирования. Для описания радоновой обстановки в помещениях нижнего этажа разработана математическая модель двумерного стационарного диффузионного переноса радона в системе сред «грунт–атмосфера–здание». С ее использованием получены зависимости радоновой нагрузки на подземные ограждающие конструкции от конструктивных характеристик здания и физических свойств грунта в его основании. Показано, что при отсутствии радиационных аномалий радоновая безопасность объекта строительства должна обеспечиваться исключительно рациональным проектированием конструкции пола. Предложен алгоритм применения данной математической модели на стадии инженерно-экологических изысканий для прогнозирования уровней радона в здании после его возведения, обосновано ее использование при реализации принципиально нового подхода к оценке потенциальной радоноопасности проектируемых зданий, не требующего измерения плотности потока радона на участке застройки.*

**Ключевые слова:** радон, ограждающие конструкции, диффузионный перенос, грунт, воздух помещения, поступление, здание, радоновая обстановка, математическая модель.

**Для цитирования:** Шубин И.Л., Калайдо А.В. Обеспечение радиационной безопасности объектов строительства на стадии их проектирования // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 10–14.

I.L. SHUBIN<sup>1</sup>, Corresponding Member of RAACS, Doctor of Sciences (Engineering), Director; A.V. KALAYDO<sup>2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering) (kalaydo18@mail.ru)

<sup>1</sup> Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences (21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

<sup>2</sup> Luhans Taras Shevchenko National University (2, Oboronnaya Street, 91011, Luhansk)

### Ensuring the Radiation Safety of Construction Projects at the Design Stage

The paper proposes a principally new approach to ensuring the required level of radon safety of construction objects at their design stage. To describe the radon situation in the premises of the lower storey, a mathematical model of two-dimensional stationary diffusive radon transport in the «soil-atmosphere-building» media system was developed. Due to its use, dependences of the radon load on the underground enclosing structures upon the building structural characteristics and the soil block physical properties were obtained. It is shown that in the absence of radiation anomalies, the radon safety of the construction object should be provided exclusively by rational design of the floor structure. An algorithm of the use of this mathematical model at the stage of engineering-ecological surveys for prediction of radon levels in the building after its construction is proposed, its use when realizing the principally new approach to the assessment of the potential radon hazard of the designed buildings is substantiated. This approach does not require the measurement of radon flux density at construction sites.

**Keywords:** radon, enclosing structures, diffusive transport, soil, indoor air, entry, building, radon situation, mathematical model.

**For citation:** Shubin I.L., Kalaydo A.V. Ensuring the radiation safety of construction projects at the design stage. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6, pp. 10–14. (In Russian).

Радон и его дочерние продукты распада, содержащиеся в воздухе помещений, формируют от 50 до 90% годовой дозы облучения населения от всех источников ионизирующего излучения как в Российской Федерации [1, 2], так и за ее пределами [3–5]. Радоновая экспозиция на данный момент является второй по частоте после курения причиной возникновения рака легкого. Как следствие, снижение дозы облучения населения радоном в зданиях является актуальной научно-практической задачей. С целью ее решения Нормами радиационной безопасности НРБ-99/09 установлены предельные допустимые значения эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона, составляющие 200 Бк/м<sup>3</sup> для эксплуатируемых зданий и 100 Бк/м<sup>3</sup> – для строящихся и реконструируемых.

Величина ЭРОА радона в воздухе помещений является критерием потенциальной радоноопасности существующих зданий на данной территории, но для строящихся зданий ее измерение попросту невозможно [6]. Санитарным законодательством РФ в качестве характеристики радоноопасности участка застройки установлена величина плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта не более 80 мБк/(м<sup>2</sup>·с), однако данное численное значение было получено с использованием ряда не оправдавшихся впоследствии предположений. Нецелесообразность использования ППР в качестве критерия радоноопасности участка застройки наиболее полно показана в работах [7–9]. Таким образом, на данный момент существует острая необходимость в разработке принципиально новых подходов к опре-

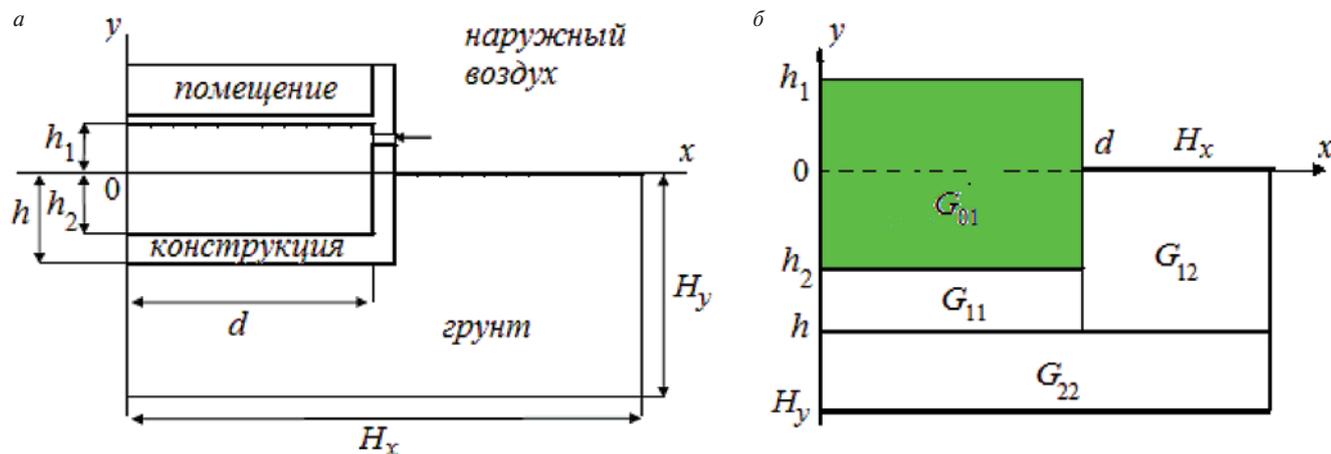


Рис. 1. Схема к постановке задачи (а) и схема привязки элементов системы к координатным осям (б)

делению потенциальной радоноопасности проектируемых зданий на данной территории.

Радон поступает в помещения нижнего этажа из грунта, материалов ограждающих конструкций и атмосферного воздуха, при этом грунтовое основание обеспечивает порядка 90% общего объема поступления. Радонозащитные мероприятия наиболее эффективны при их реализации в непосредственной близости от основного источника поступления, поэтому радоновая безопасность зданий должна обеспечиваться рациональным проектированием подземных ограждающих конструкций.

Процесс формирования радоновой обстановки в здании зависит от достаточно большого числа факторов, характеризующих свойства почвы, конструктивные характеристики здания и климатические параметры. Многофакторность данного процесса и невозможность натурных исследований ЭРОА радона на стадии проектирования приводят к тому, что математическое моделирование является единственным средством прогнозирования концентрации радона в помещениях после введения здания в эксплуатацию. При этом для описания радоновой ситуации в проектируемом здании существует два подхода: использовать численное моделирование как автономный инструмент или же в сочетании со специальными экспериментами. В исследованиях, проведенных НИИСФ РААСН, был использован второй подход.

### Этап 1. Разработка математической модели

Обязательными требованиями к любой математической модели являются ее корректность и «прозрачность», обеспечиваемая введением упрощающих допущений, которые сужают область адекватности данной модели реальным условиям. Проектируемые здания обладают герметичностью и высоким сопротивлением радонопроницанию подземных ограждающих конструкций, что позволяет пренебречь конвективным поступлением радона. Его поступление с питьевой водой и природным газом пренебрежимо мало в условиях централизованного водо- и газоснабжения, поэтому в качестве источников радона в модели рассматриваются только грунт в основании здания, материалы ограждающих конструкций и наружный воздух (инфильтрация). Ширина здания полагается значительно меньше длины, а само здание считается симметричным – это позволяет перейти к решению задачи в двумерной постановке, что практически

не сказывается на точности вычислений (по сравнению с трехмерной), но значительно упрощает расчеты. На рис. 1 представлена схема к постановке задачи и расчетная схема задачи.

Модель рассматривает диффузионный перенос радона внутри каждой из четырех областей  $G_{01}$ ,  $G_{11}$ ,  $G_{12}$  и  $G_{22}$ , определяя функции объемной активности радона  $A_{ij}(x, y)$ , Бк/м<sup>3</sup> радона в каждой из них:

$$\begin{aligned} A_{01}(x, y) & \text{ при } 0 \leq x \leq d, h_2 \leq y \leq h_1, \text{ – в области } G_{01}; \\ A_{11}(x, y) & \text{ при } 0 \leq x \leq d, h \leq y \leq h_2, \text{ – в области } G_{11}; \\ A_{12}(x, y) & \text{ при } d \leq x \leq H_x, h \leq y \leq 0, \text{ – в области } G_{12}; \\ A_{22}(x, y) & \text{ при } 0 \leq x \leq H_x, H_y \leq y \leq h, \text{ – в области } G_{22}. \end{aligned}$$

Объемные активности  $A_{ij}(x, y)$  определяются решением системы четырех дифференциальных уравнений в частных производных:

$$D_i \left( \frac{\partial^2 A_{i1}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_{i1}}{\partial y^2} \right) - \lambda A_{i1}(x, y) + W_i = 0, \quad i = 0, 1; \quad (1)$$

$$D_2 \left( \frac{\partial^2 A_{i2}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_{i2}}{\partial y^2} \right) - \lambda A_{i2}(x, y) + W_2 = 0, \quad i = 1, 2, \quad (2)$$

где  $D_i$  – коэффициенты диффузии радона в воздухе, материале конструкции и грунте соответственно, м<sup>2</sup>/с;  $A_i$  – объемные активности радона в воздухе помещения, материале конструкции и почвенном воздухе соответственно, Бк/м<sup>3</sup>;  $W_i$  – скорость образования радона в воздухе помещения, материале конструкции и почвенном воздухе соответственно, Бк/(м<sup>3</sup>·с);  $\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$  – постоянная распада радона.

Граничные условия на внешних границах областей имеют вид:

$$\text{– для } G_{01} \quad \frac{\partial A_{01}}{\partial x} = 0, \quad \text{при } x = 0, x = d, h_2 \leq y \leq h_1; \quad (3)$$

$$\text{– для } G_{11} \quad \frac{\partial A_{11}}{\partial x} = 0, \quad \text{при } x = 0, x = d, h \leq y \leq h_2; \quad (4)$$

$$\text{– для } G_{12} \quad \frac{\partial A_{12}}{\partial x} = 0, \quad \text{при } x = d, x = H_x, h \leq y \leq 0; \quad (5)$$

$$\text{– для } G_{22} \quad \frac{\partial A_{22}}{\partial x} = 0, \quad \text{при } x = 0, x = H_x, H_y \leq y \leq h; \quad (6)$$

$$\text{– для } G_{01} \quad \frac{\partial A_{01}}{\partial y} = 0, \quad \text{при } y = h_1, 0 \leq x \leq d; \quad (7)$$

$$- \text{ для } G_{22} \frac{\partial A_{22}}{\partial y} = 0, \text{ при } y = H, 0 \leq x \leq H_x; \quad (8)$$

$$- \text{ для } G_{12} \frac{\partial A_{12}}{\partial y} = \alpha A_{12}(x, y), \text{ при } y = 0, d \leq x \leq H_x. \quad (9)$$

Равенство потоков и объемных активностей на внутренних границах формирует граничные условия IV рода:

$$A_{01}(x, h_2) = A_{11}(x, h_2), \quad D_0 \frac{\partial A_{01}(x, h_2)}{\partial y} = D_1 \frac{\partial A_{11}(x, h_2)}{\partial y} \\ \text{при } 0 \leq x \leq d; \quad (10)$$

$$A_{11}(x, h) = A_{22}(x, h), \quad D_1 \frac{\partial A_{11}(x, h)}{\partial y} = D_2 \frac{\partial A_{22}(x, h)}{\partial y} \\ \text{при } 0 \leq x \leq d; \quad (11)$$

$$A_{12}(x, h) = A_{22}(x, h), \quad D_1 \frac{\partial A_{12}(x, h)}{\partial y} = D_2 \frac{\partial A_{22}(x, h)}{\partial y} \\ \text{при } d \leq x \leq H_x. \quad (12)$$

Для каждого уравнения системы (1)–(2) с соответствующими граничными условиями применяется метод разделения переменных, при котором решения  $A(x, y)$  ищутся в виде:

$$A(x, y) = \frac{G_s}{\lambda} \left( 1 - N_0 e^{-\sqrt{\frac{\lambda}{D_s}} y} \right) + \\ + \sum_{n=1}^{\infty} (p_n(s) \cos(u_n(s)(x - a_1(s))) (R_n e^{v_n(s)(y - b_1(s))} + e^{-v_n(s)(y - b_1(s))}) + \\ + q_n(s) \cos(u_n(s)(y - a_2(s))) \cdot \cosh(v_n(s)(x - b_2(s))), \quad (13)$$

где  $p_n(s)$ ,  $q_n(s)$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ ;  $s = 0, 1, 2$  – неопределенные коэффициенты.

Неопределенные коэффициенты находятся путем замены рядов в (13) конечными суммами и решения системы линейных уравнений (1)–(2), полученных после приравнивания значений  $A(x, y)$  и ее производной на общих границах смежных областей.

### Этап 2. Проведение специального эксперимента

В качестве главного упрощающего допущения при построении модели был принят диффузионный характер переноса радона в пористых средах. Из теории массопереноса известно, что диффузия может вызываться разностью концентрации (молекулярная), температуры (термическая) и давления (барическая). Принято считать, что эффекты термо- и бародиффузии незначительны при перепадах температуры и давления, характерных для зданий, но данная точка зрения не подтверждена экспериментально. Поэтому коэффициент диффузии радона в (1)–(2) может быть представлен в виде некоторой «эквивалентной» величины:

$$D_{\text{экв}} = D_0 \cdot k(\Delta T) \cdot k(\Delta P), \quad (14)$$

где  $D_0$  – объемный коэффициент диффузии радона в соответствующей среде,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Для определения вида (14) в лаборатории радиационной безопасности в строительстве НИИСФ РААСН разра-



Рис. 2. Внешний вид экспериментальной установки для исследования переноса радона в пористых средах

ботана экспериментальная установка для исследования переноса радона в пористых средах (рис. 2). Особенность конструкции состоит в том, что заполняющий колонну циркониевый концентрат одновременно является и средой переноса радона, и его источником. Данный материал имеет очень высокую удельную активность (более 4500 Бк/кг), не относясь при этом к источникам ионизирующего излучения, требующим специального обращения.

В нижней камере данной установки размещались входы пневматической и электрической систем, которые позволяли создавать фиксированный перепад температуры и давления на границах пористой среды. Распределение температуры по оси колонны контролировалось погружными термометрами, измерение перепада давления по столбу циркониевого концентрата производилось при помощи дифференциального манометра и запорной арматуры. Предварительно была определена плотность потока радона с поверхности столба концентрата при отсутствии перепада температуры и давления.

В реальных условиях эксплуатации зданий разность температуры в помещении и в почвенном воздухе даже в

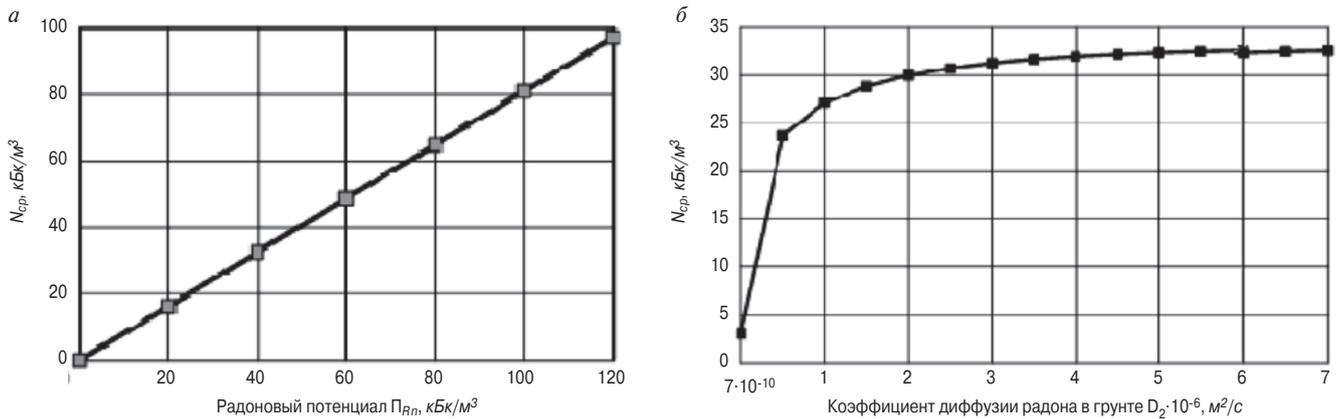


Рис. 3. Зависимость радоновой нагрузки на подземные горизонтальные ограждающие конструкции здания от: а – радонового потенциала грунта; б – коэффициента диффузии радона в грунте  $D_2$

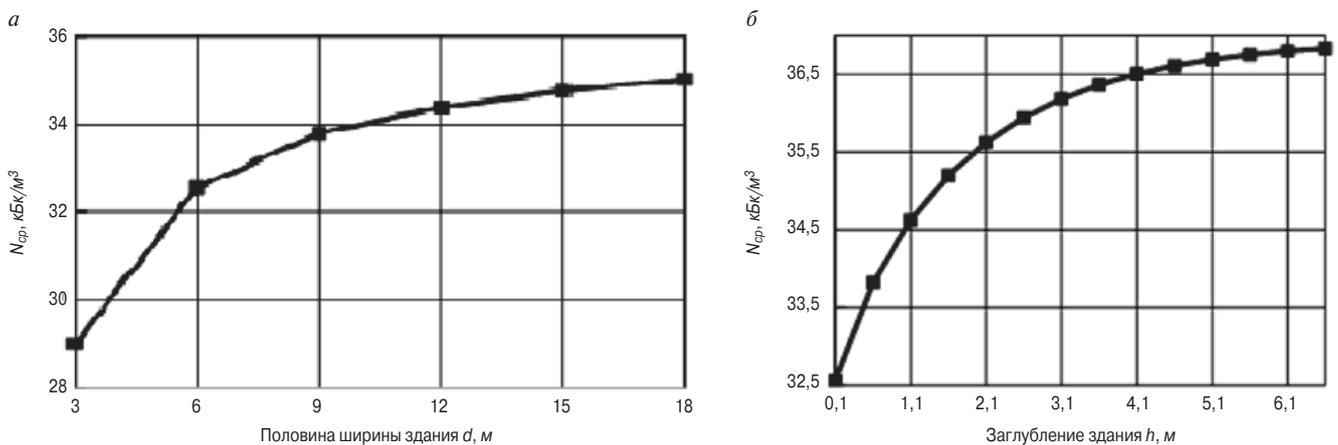


Рис. 4. Зависимость радоновой нагрузки на подземные горизонтальные ограждающие конструкции здания: а – от его ширины; б – от его заглубления

зимнее время не превышает 20–25°C, а разность давления на границах горизонтальной подземной ограждающей конструкции в среднем не более 3–5 Па. В ходе эксперимента статистически значимое увеличение ППР радона с поверхности установки имело место при перепадах давления более 50 Па, что позволяет признать несущественность влияние бародиффузии на перенос радона. Напротив, с увеличением перепада температуры (диапазон измерений 0–55°C, шаг 5°C) величина ППР имела тенденцию к медленному росту. По результатам проведенных исследований было получено следующее выражение для «эквивалентного» коэффициента диффузии:

$$D_{\text{эКВ}} = (1 + 0,006 \cdot \Delta T) \cdot D_0.$$

Подход с использованием «эквивалентного» коэффициента диффузии радона в дальнейшем может быть использован для расширения области адекватности предложенной модели на конструкции зданий, в которых диффузионный перенос остается доминирующим, но конвекцией уже нельзя пренебречь.

### Этап 3. Численный эксперимент

Поскольку до 90% радона поступает из грунтового основания, то радоновая безопасность должна обеспечиваться соответствующей конструкцией и состоянием горизон-

тальных подземных ограждающих конструкций. В общем случае задачу радонобезопасности здания можно свести к ограничению поступления радона из грунта:

$$a_{np} = \frac{N_{cp}}{R_{\Sigma}} \cdot \frac{S_{пол}}{V}, \quad (15)$$

где  $a_{np}$  – максимальное допустимое поступление радона через конструкцию пола, Бк/(м³·с);  $S_{пол}$  – площадь пола, м²;  $V$  – объем помещения, м³,  $N_{cp}$  – средняя радоновая нагрузка на горизонтальные подземные ограждающие конструкции, Бк/м³;  $R_{\Sigma}$  – суммарное сопротивление радонопроницанию конструкции пола, с/м.

Величина  $a_{np}$  однозначно определяется требуемым значением ЭРОА<sub>мп</sub> в здании после его постройки и кратностью воздухообмена  $n$  в нем, она может быть выражена соотношением:

$$a_{np} = \frac{\text{ЭРОА}_{мп} \cdot (\lambda + n)}{F} - a_{см} \quad (16)$$

где  $F$  – коэффициент сдвига радиоактивного равновесия;  $a_{np}$  – поступление радона из строительных материалов.

Если в расчетах принять коэффициент сдвига  $F = 0,4$  и поступление радона из стройматериалов  $a_{см} = 0,1 a_{np}$ , то для обеспечения в строящемся здании требуемого значения ЭРОА<sub>мп</sub> = 100 Бк/м³ поступление радона не должно превышать 25 мБк/(м³·с) при кратности воздухообмена  $n = 0,4 \text{ ч}^{-1}$ .

Согласно (15) для определения требуемой радонозащитной способности конструкции пола необходимо знать среднюю радоновую нагрузку  $N_{cp}$  на подземные ограждающие конструкции. При помощи разработанной математической модели была получена зависимость радоновой нагрузки  $N_{cp}$  от физических свойств грунта в основании (его радонового потенциала) и коэффициента диффузии радона в грунте (рис. 3).

Кроме того, был исследован характер зависимости искомой величины  $N_{cp}$  от геометрических характеристик здания (рис. 4). Установлено, что увеличение ширины здания приводит к росту радоновой нагрузки на фундамент из-за уменьшения оттока радона из-под здания к дневной поверхности.

Данные эксперименты представляют начальный этап комплексного исследования взаимосвязи параметров состояния системы сред «грунт–атмосфера–здание». В целом же исследования, проведенные в последние годы в лаборатории радиационной безопасности в строительстве НИИ строительной физики РААСН, позволяют сделать следующие выводы:

1. Существует необходимость в разработке эффективного подхода к определению потенциальной радоноопасности участка застройки без использования величины ППР в качестве контрольного параметра.

2. Математическое моделирование в сочетании с лабораторным экспериментом является наиболее эффективным инструментом для описания формирования радоновой обстановки в здании на стадии проектирования.

4. Разработана математическая модель, описывающая перенос радона из грунта в воздух помещений современных зданий с герметичной подземной частью из материалов с низкой воздухопроницаемостью (менее  $10^{-14}$  м<sup>2</sup>). В то же время представляет практический интерес оценка адекватности данной модели при наличии неплотностей в основании здания. Для оценки их влияния на механизм переноса радона через ограждающие конструкции в лаборатории радиационной безопасности в строительстве НИИСФ РААСН запланирован ряд специальных экспериментов.

#### Список литературы

1. Сидякин П.А., Янукян Э.Г., Фоменко Н.А., Вахилевич Н.В. Формирование уровней облучения населения региона Кавказских Минеральных Вод за счет радиоактивности горных пород // *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2016. № 1. С. 66–70.
2. Ярмошенко И.В., Онищенко А.Д., Жуковский М.В. Обследование уровней накопления радона в жилых зданиях города Екатеринбурга // *Вопросы радиационной безопасности*. 2010. № 3 (59). С. 62–69.
3. Мирончик А.Ф. Естественные радиоактивные вещества в атмосфере и воздухе жилых помещений Республики Беларусь // *Вестник Белорусско-Российского университета*. 2007. № 4 (17). С. 162–171.
4. IAEA SAFETY STANDARDS for protecting people and the environment. Protection of the Public against Exposure Indoors due to Natural Sources of Radiation. Draft Safety Guide No. DS421. Vienna, April 2012. 92 p.
5. Arvela N. Residential radon in Finland: sources, variation, modeling and dose comparisons (Academic dissertation) STUK-A124. Helsinki, 1995. 87 p.
6. Гулабянц Л.А. Радоноопасность. Термины, критерии, признаки // *АНРИ*. 2013. № 1. С. 12–14.
7. Микляев П.С. Что делать? Или «радоновый» кризис в радиационных изысканиях // *АНРИ*. 2005. № 3. С. 60–64.
8. Микляев П.С. Механизмы формирования потока радона с поверхности почв и подходы к оценке радоноопасности селитебных территорий // *АНРИ*. 2007. № 2. С. 2–16.
9. Гулабянц Л.А. Принцип построения новых норм проектирования противорадоновой защиты зданий // *Благоприятная среда жизнедеятельности человека. Строительные науки*. 2009. № 5. С. 461–467.
10. Гулабянц Л.А., Калайдо А.В., Семенова М.Н. Оценка влияния эффектов термо- и бародиффузии на перенос радона в пористой среде // *АНРИ*. 2018. № 1. С. 62–69.

#### References

1. Sidiyakin P. A., Anyan E. G., Fomenko N. A. Vahylevych N. V. The formation of levels of irradiation of the population of the region of Caucasian Mineral Waters due to the radioactivity of rocks. *Izvestiya vyisshih uchebnyih zavedeniy. Geologiya i razvedka*. 2016. No. 1, pp. 66–70. (In Russian).
2. Yarmoshenko I.V., Onishchenko D.A., Zhukovsky M.V. A survey of the levels of accumulation of radon in residential buildings in the city of Yekaterinburg. *Voprosy radiatsionnoy bezopasnosti*. 2010. No. 3 (59), pp. 62–69. (In Russian).
3. Mironchik A.F. Natural radioactive substances in the atmosphere and air of residential premises of the Republic of Belarus. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta*. 2007. No. 4 (17), pp. 162–171. (In Russian).
4. IAEA SAFETY STANDARDS for protecting people and the environment. Protection of the Public against Exposure Indoors due to Natural Sources of Radiation. Draft Safety Guide No. DS421. Vienna, April 2012. 92 p.
5. Arvela N. Residential radon in Finland: sources, variation, modeling and dose comparisons (Academic dissertation) STUK-a124. Helsinki, 1995. 87 p.
6. Gulabyanz L.A. Radon Danger Level. Terms, criteria, features. *ANRI*. 2013. No. 1, pp. 12–14. (In Russian).
7. Miklyayev P. S. What to do? Or «radon» crisis in radiation surveys. *ANRI*. 2005. No. 3, pp. 60–64. (In Russian).
8. Miklyayev P.S. mechanisms of formation of radon flow from the soil surface and approaches to the assessment of radon danger of residential areas. *ANRI*. 2007. No. 2, pp. 2–16. (In Russian).
9. Gulabyanz L.A. the Principle of development of new standards for the design of radon protection of buildings. *Blagopriyatnaya sreda zhiznedeyatelnosti cheloveka. Stroitelnyie nauki*. 2009. No. 5, pp. 461–467. (In Russian).
10. Gulabyanz L.A., Caleido A.V., Semenova M.N. Impact assessment of the effects of thermal and barodiffusion on the transfer of radon in a porous medium. *ANRI*. 2018. No. 1, pp. 62–69. (In Russian).

УДК 692.23:697.7

В.В. БРЫЗГАЛИН, инженер (vlad.niisf@yandex.ru)

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

## Тепловой баланс стены Тромба в климате Центральной России

Рассмотрена одна из систем пассивного солнечного отопления – стена Тромба. Она относится к элементам солнечной архитектуры и применяется в качестве ограждающей конструкции здания для снижения тепловых затрат на его отопление и вентиляцию. Существующие эмпирические формулы для расчета стены Тромба имеют удовлетворительную точность только для стран Европы и США. Кроме того, они привязаны к определенным конструктивным решениям, которые непригодны в климате Центральной России. Проведен анализ протекающих в конструкции теплофизических процессов и влияния на них климатических факторов. Представлены результаты численного моделирования конструкции в климатических условиях Центральной России и результаты расчета экономии тепловой энергии при использовании конструкции в зданиях с различной энергоэффективностью.

**Ключевые слова:** стена Тромба, солнечная архитектура, солнечная энергия, энергоэффективность, теплофизические процессы, отопление.

**Для цитирования:** Брызгалин В.В. Тепловой баланс стены Тромба в климате центральной России // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 15–18.

V.V. BRYZGALIN, Engineer (vlad.niisf@yandex.ru)  
Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences  
(21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

### Thermal Balance of the Trombe Wall in the Climate of Central Russia

One of the systems of passive solar heating – the Trombe wall – is considered. It belongs to the elements of the solar architecture and is used as a building envelope to reduce energy costs for its heating and ventilation. The existing empirical formulas for the calculation of the Trombe wall have satisfactory accuracy only for the countries of Europe and the USA. In addition, they are tied to certain constructive solutions that are not suitable in the climate of central Russia. The analysis of the thermophysical processes taking place in the construction and the influence of climatic factors on them was carried out. The results of numerical modeling of the design in the climatic conditions of central Russia and the results of calculating the savings in thermal energy when using the design in buildings of different energy efficiency are presented.

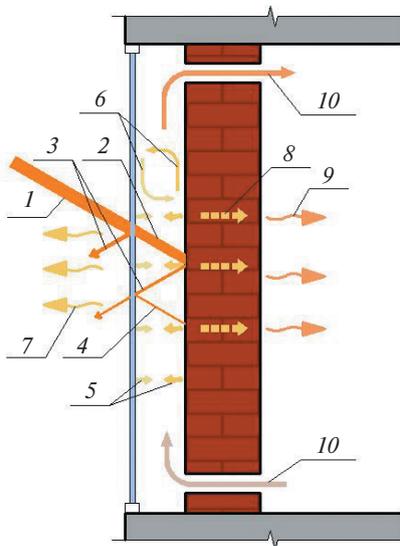
**Keywords:** Trombe wall; solar architecture; solar energy; energy efficiency; thermophysical processes; heating.

**For citation:** Bryzgalin V.V. Thermal balance of the Trombe wall in the climate of central Russia. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6, pp. 15–18. (In Russian).

Стена Тромба–Мишеля, или стена Тромба, – это система пассивного солнечного отопления, представляющая собой массивную темную стену, остекленную снаружи на некотором расстоянии. Она является одним из элементов солнечной архитектуры, основная идея которой состоит в минимизации затрат энергоресурсов на отопление за счет использования солнечной энергии. Конструкция была создана американским исследователем Эдвардом Морзе, получившим в 1881 г. на нее патент. В 1960-е гг. конструкция была доработана французским профессором Феликсом Тромбом и архитектором Жаком Мишелем и получила распространение в странах Европы и США.

Тепловой баланс конструкции включает комплекс теплофизических процессов и имеет циклический характер работы (рис. 1). После восхода солнца наружная поверхность стены, обращенной на юг, быстро нагревается. Часть тепла с поверхности стены нагревает воздух в прослойке, а часть проникает в толщу стены, аккумулируясь в ней. При нагреве воздуха в прослойке выше комнатной температуры открываются вентиляционные клапаны для воздухообмена между прослойкой и помещениями. К вечеру средняя температура стены становится максимальной, а ближе к

заходу наружная поверхность начинает быстро остывать. Тогда вентиляционные клапаны закрываются. К ночи, когда теплотери здания максимальны, при правильном рас-



**Рис. 1.** Тепловые потоки в стене Тромба: 1 – падающее солнечное излучение; 2 – прошедшее сквозь остекление солнечное излучение; 3 – отраженное солнечное излучение; 4 – переотраженное на стену солнечное излучение; 5 – ИК-излучение наружной поверхности стены и внутренней поверхности остекления; 6 – конвективный теплообмен между стеной и остеклением; 7 – теплоотдача наружной поверхности остекления; 8 – теплопередача в массиве стены; 9 – теплоотдача внутренней поверхности стены; 10 – конвекционный теплообмен помещения и воздушной прослойки

чете толщины стены становится максимальной температура на ее внутренней поверхности. В теплый период года поверхность стены закрывается светоотражающими жалюзи и конструкция переводится в режим вытяжного элемента. Для этого открываются нижний клапан стены и клапан над остеклением [1].

Главной особенностью систем пассивного солнечного отопления, в том числе и стены Тромба, является их зависимость от климатических условий региона строительства. Поэтому большинство исследований в этой области, проведенных во время энергетического кризиса в странах Европы и США, и выведенные эмпирическим путем формулы для их расчета имеют удовлетворительную точность только для регионов, где проводились исследования. На территории России экспериментов в области солнечной архитектуры проводилось очень мало в связи с более суровым климатом и большими запасами топливно-энергетических ресурсов. Однако проведенные эксперименты показали перспективность систем и в климате Центральной России. Так, в отдельных домах в Московской области устройство стены Тромба снижает энергопотребление на отопление примерно на 10%, а пристройка солнечной теплицы – на 15–20% [2, 3].

Для детального исследования эффективности стены Тромба требуется проведение расчетов, учитывающих все теплофизические процессы системы, а также температурный и облачный режимы региона строительства. В связи с динамичностью и взаимосвязанностью теплофизических процессов и потребностью в учете всех климатических особенностей региона для расчетов было использовано численное моделирование. Для моделирования реальной динамики климата использованы архивные климатические данные метеостанций, содержащих данные о температуре, облачности и скорости ветра, записанные с интервалом в несколько часов [4–10].

Целью расчетов являлась оценка применимости и эффективности стены Тромба в климате Центральной России. Для расчетов было выбрано несколько городов с разными климатическими условиями: Воронеж (52° с. ш.), Тула (54° с. ш.), Смоленск (55° с. ш.), Москва (56° с. ш.) и Кострома (58° с. ш.).

Рассмотрено использование конструкции в зданиях с пониженным энергопотреблением, для которых в расчетах принято значение удельного расхода тепловой энергии на отопление  $q = 100 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ , и с ультранизким энергопотреблением со значением  $q = 30 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ . В первом случае рас-

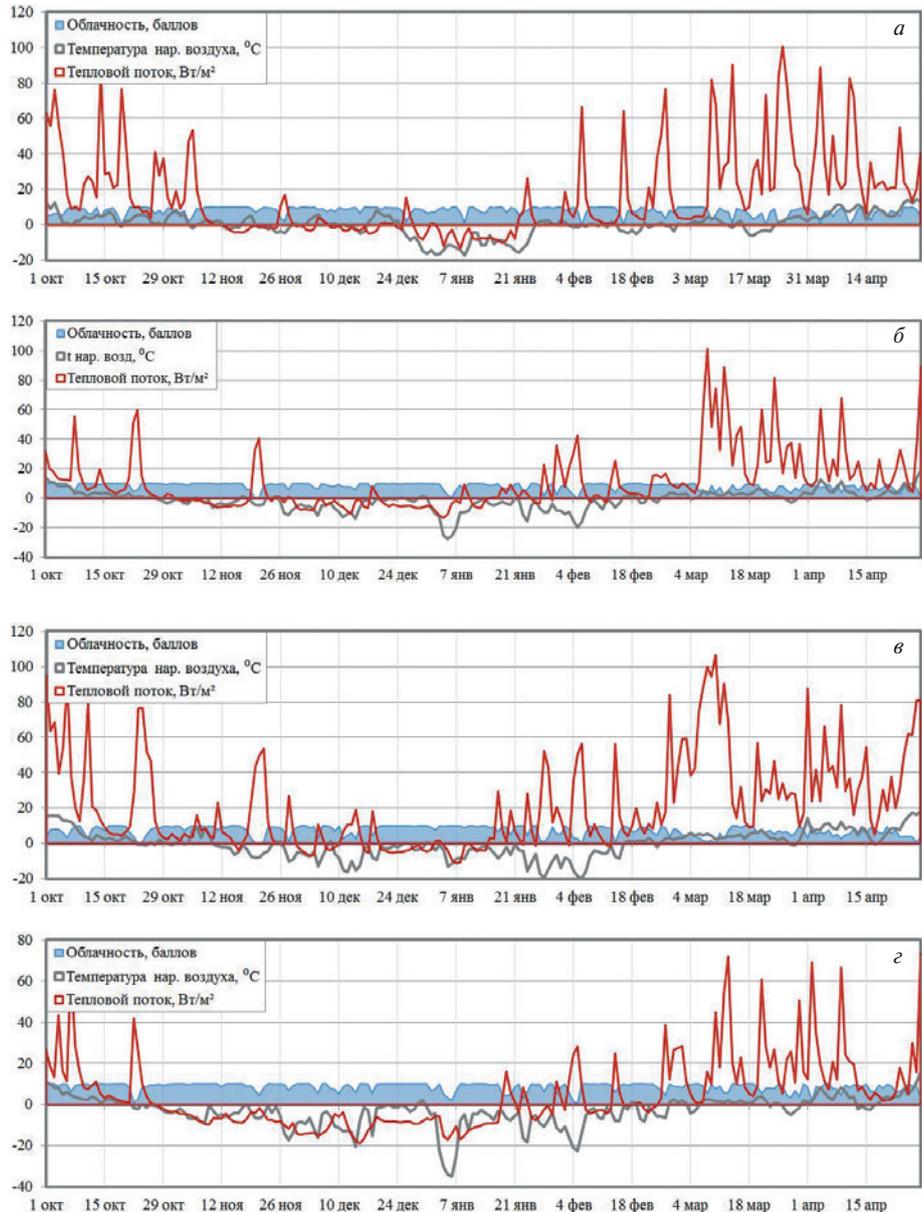


Рис. 2. Графики среднесуточных значений облачности, температуры наружного воздуха и теплового потока на внутренней поверхности стены Тромба:

а – Москва. Период 01.10.15–30.04.16.  $t_{n\text{ ср}} = 0,4^\circ\text{C}$ ; ср. обл. = 7,9 балла;  $q_{\text{тр}} = 81,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ;  
б – Москва. Период 01.10.16–30.04.17.  $t_{n\text{ ср}} = -1,0^\circ\text{C}$ ; ср. обл. = 8,2 балла;  $q_{\text{тр}} = 58,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ;  
в – Воронеж. Период 01.10.16–30.04.17.  $t_{n\text{ ср}} = 0,0^\circ\text{C}$ ; ср. обл. = 7,2 балла;  $q_{\text{тр}} = 111,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ;  
г – Кострома. Период 01.10.16–30.04.17.  $t_{n\text{ ср}} = -3,1^\circ\text{C}$ ; ср. обл. = 8,5 балла;  $q_{\text{тр}} = 25,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$

четный период работы конструкции соответствует отопительному сезону и был принят 1 октября – 30 апреля. Во втором случае вследствие малых теплопотерь здания расчетный период в среднем равен периоду с отрицательной среднемесячной температурой и был принят 15 ноября – 15 марта.

В качестве исходной принята конструкция высотой 3 м, имеющая следующие элементы: однокамерный стеклопакет СПО 63–18–4М1, воздушная прослойка толщиной 100 мм, кладка из полнотелого глиняного кирпича толщиной 380 мм с селективным покрытием с наружной стороны и клапанами в верхней и нижней частях с автоматическим регулированием.

Также проведена оценка нескольких модификаций этого конструктивного решения:

– однокамерный стеклопакет без покрытия и с К-покрытием;

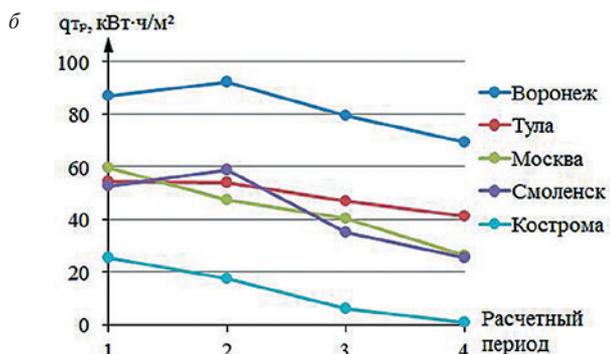
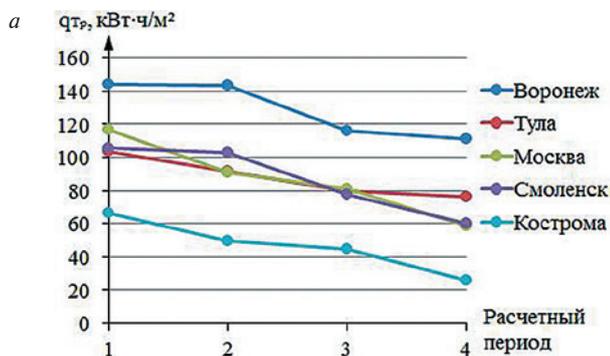


Рис. 3. Удельные теплопоступления от стены Тромба за отопительные периоды 2013–2014, 2014–2015, 2015–2016, 2016–2017 гг.: а – расчетный период 01.10–30.04; б – расчетный период 15.11–15.03

– нанесение на стену черной матовой краски и селективного покрытия;  
– полнотелый кирпич и пустотные керамические блоки.

Первая серия расчетов проведена для одного конструктивного решения для климатических условий выбранных городов за четыре отопительных периода. Ниже приводятся некоторые результаты моделирования (рис. 2, 3).

Вторая серия расчетов имела цель определения вклада каждого элемента конструктивного решения в общий тепловой баланс стены Тромба (рис. 4, 5).

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Стена Тромба имеет большие перепады как почасовых теплопоступлений, так и среднесуточных. Это связано с периодичностью солнечного излучения и частыми изменениями облачности.

2. Анализ результатов расчетов (рис. 2, 3) показал высокую эффективность стены Тромба в южной части Центральной России (Воронеж), средней в центральных областях (Москва, Тула, Смоленск) и низкую в северной части (Кострома). В Костроме в период с ноября по февраль конструкция имеет большие теплотери, а температура в воздушной прослойке часто опускается ниже точки росы, что делает конструкцию неприменимой [11].

3. Наибольшую эффективность конструкция показывает в весенний период, наименьшую – в период с начала ноября по конец

Таблица 1

Средние значения удельных теплопоступлений стены Тромба

Город	$q_{Tr}$ , кВт·ч/м <sup>2</sup> , за период	
	01.10 – 30.04	15.11 – 15.03
Воронеж	153,3	97,7
Тула	109,7	61,5
Москва	108,7	54,4
Смоленск	108,2	53,9
Кострома	67,6	18,2

Таблица 2

Экономия тепловой энергии в здании с исходным значением  $q = 100$  кВт·ч/м<sup>2</sup>

$\frac{F_{обш}, M^2}{F_{Tr}, M^2}$	$\Delta q$ , кВт·ч/м <sup>2</sup>				
	Воронеж	Тула	Москва	Смоленск	Кострома
150/20	23,2	17,7	17,4	17,4	12,4
200/25	21,7	16,6	16,3	16,3	11,6
250/28	19,5	14,8	14,6	14,6	10,4

Таблица 3

Экономия тепловой энергии в здании с исходным значением  $q = 30$  кВт·ч/м<sup>2</sup>

$\frac{F_{обш}, M^2}{F_{Tr}, M^2}$	$\Delta q$ , кВт·ч/м <sup>2</sup>				
	Воронеж	Тула	Москва	Смоленск	Кострома
150/20	14,4	9,7	8,7	8,7	4,1
200/25	13,5	9,1	8,2	8,1	3,9
250/28	12,1	8,2	7,3	7,3	3,5

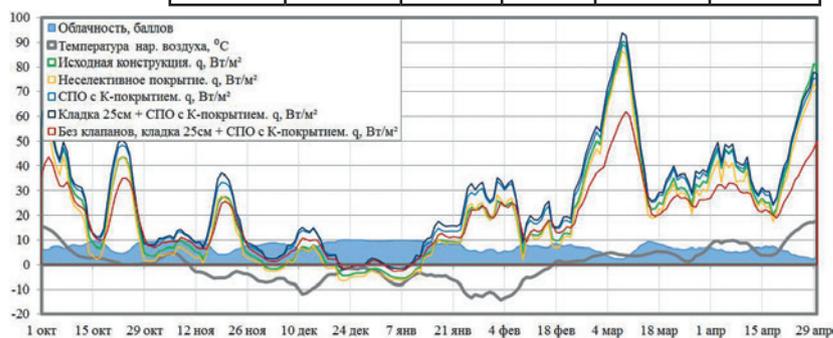


Рис. 4. Графики средненедельных значений облачности, температуры наружного воздуха и теплового потока на внутренней поверхности стены Тромба с различными конструктивными решениями. г. Воронеж. Период 01.10.16–30.04.17

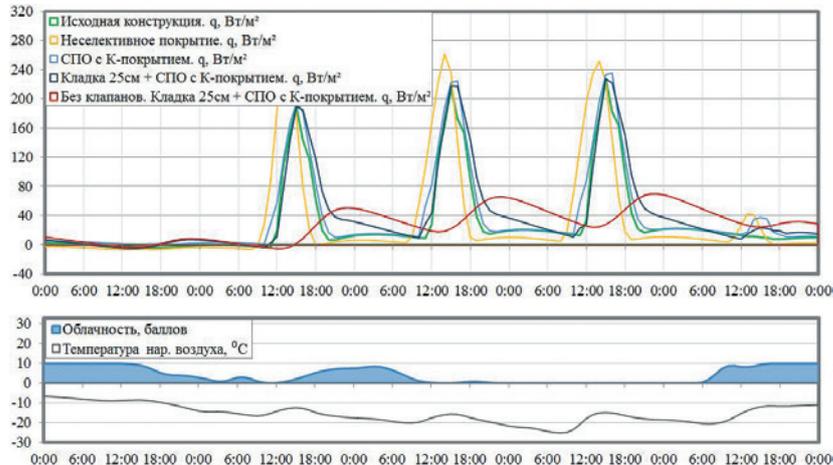


Рис. 5. Графики почасовых значений: а – теплового потока на внутренней поверхности стены Тромба; б – облачности и температуры наружного воздуха. Воронеж. Период 6–10 февраля 2017 г.

января вследствие высокой облачности (рис. 2, 4). Однако при сильном понижении температуры, когда наблюдается, как правило, ясная погода (рис. 5), тепловой баланс стены Тромба оказывается положительным.

4. Положительный эффект оказывает использование селективного покрытия для поверхности стены. Это покрытие имеет высокий коэффициент эмиссии в диапазоне длин волн солнечного излучения и низкий в диапазоне собственного излучения стены, что сильно снижает лучистый теплообмен между стеной и остеклением и перепады теплоступлений. Также положительное влияние оказало и нанесение твердого селективного покрытия на остекление. Уменьшение толщины кладки до 25 см также улучшило тепловой баланс, так как тогда большая доля солнечной энергии проникает через массив стены в помещение (рис. 4).

Рассмотрим конструктивное решение стены Тромба с наилучшими показателями. Ее строение следующее: массив из полнотелого кирпича толщиной 250 мм; селективное покрытие на поверхности массива, воздушная прослойка толщиной 100 мм; двойное остекление с К-покрытием. Для этой конструкции были получены следующие усредненные за четыре расчетных периода расчетные показатели (табл. 1).

#### Список литературы

1. Брызгалов В.В., Соловьев А.К. Использование пассивных систем солнечного отопления как элемента пассивного дома // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 4 (115). С. 472–481.
2. Соловьев А.К. Пассивные дома и энергетическая эффективность их отдельных элементов // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 4. С. 46–53.
3. Казанцев П.А., Княжев В.В., Лощенков В.В., Кирик Н.С. Исследование традиционной архитектурной модели пассивного солнечного отопления на примере экспериментального индивидуального жилого дома Solar-Sb // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2016. № 2 (27). С. 116–127.
4. Верховский А.А., Зимин А.Н., Потапов С.С. Применимость современных светопрозрачных ограждающих конструкций для климатических регионов России // Жилищное строительство. 2015. № 6. С. 16–19.
5. Верховский А.А., Шеховцов А.В. Теплотехнические исследования двойного фасада в российских климатических условиях // Вестник МГСУ. 2011. Т. 1. № 3. С. 215–220.
6. Шакиров В.А., Артемьев А.Ю. Учет данных метеостанций при анализе эффективности применения солнечных энергетических установок // Вестник ИргТУ. 2015. № 3 (98). С. 227–232.
7. Савин В.К. Строительная физика: энергоперенос, энергоэффективность, энергосбережение. М.: Лазурь, 2005. 432 с.
8. Малявина Е.Г. Теплотери здания: справочное пособие. М.: АВОК-ПРЕСС. 2007. 144 с.
9. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И. Скорость движения воздуха в прослойке навесной фасадной системы при естественной вентиляции // Жилищное строительство. 2013. № 10. С. 14–17.
10. Умнякова Н.П. Теплообмен в вентилируемой воздушной прослойке вентфасадов с учетом коэффициента излучения поверхностей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 5 (365). С. 199–205.
11. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. 2014. № 7. С. 19–23.

Для большинства зданий широтной ориентации возможна без существенной перепланировки замена около 25% поверхности южных стен. Были определены примерные площади стены Тромба  $F_{тр}$  для двухэтажных зданий с разной общей площадью  $F_{общ}$  и для этих показателей рассчитано снижение удельного расхода тепловой энергии  $\Delta q$  при использовании стены Тромба (табл. 2).

Таким образом, рассмотренное конструктивное решение стены Тромба показывает свою эффективность при применении в энергоэффективных зданиях в климате большинства регионов Центральной России. Для здания с пониженным энергопотреблением возможна экономия на отоплении 15–20% и выше при увеличении площади, занимаемой стеной Тромба. А при использовании в зданиях с ультранизким энергопотреблением экономия может составлять 25–50% (табл. 3). При этом в конструкции стены не использован утеплитель. Однако стена Тромба имеет высокую неравномерность теплоступлений, что требует автоматической регулировки основной системы отопления и обеспечения хорошего воздухообмена между помещениями.

Для проверки точности расчетной модели в 2018 г. в НИИСФ РААСН построена экспериментальная модель помещения со стеной Тромба и в настоящий момент проводятся ее испытания.

#### References

1. Bryzgalov V.V., Soloviev A.K. The use of passive solar heating systems as part of the passive house. *Vestnik MGSU*. 2018, Vol. 13. No. 4 (115), pp. 472–481. (In Russian).
2. Soloviev A.K. «Passive houses» and energy efficiency of their architectural and structural elements. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016. No. 4, pp. 46–53. (In Russian).
3. Kazancev P.A., Knyajev V.V., Loschenkov V.V., Kirik N.S. The study of the traditional architectural model of passive solar heating on the example of an experimental individual house Solar-Sb. *Vestnik inzhenernoi shkoly DVFU*. 2016. No. 2 (27), pp. 116–127. (In Russian).
4. Verkhovskiy A.A., Zimin A.N., Potapov S.S. The applicability of modern translucent walling for climatic regions of Russia. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo*. 2015. No. 6, pp. 16–19. (In Russian).
5. Verkhovskiy A.A., Shekhovtsov A.V. A double skin facade thermal study in the Russian climatic conditions. *Vestnik MGSU*. 2011. Vol. 1. No. 3, pp. 215–220. (In Russian).
6. Shakirov V.A., Artemiev A.Yu. Accounting weather station data in the analysis of solar power systems application. *Vestnik IrGTU*. 2015. No. 3 (98), pp. 227–232. (In Russian).
7. Savin V.K. *Stroitel'naya fizika: energoperenos, energoeffektivnost, energosberejenie* [Building physics: energy transfer, energy efficiency, energy saving]. Moscow: Lazur'. 2005. 432 p.
8. Malyavina E.G. *Teploteri zdaniya: spravochnoe posobie* [Heat losses of the building: reference book]. Moscow. AVOK-PRESS. 2007. 144 p.
9. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Lushin K.I. Air Velocity in Air Cavity of Curtain Wall System at Free Ventilation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2013. No. 10, pp. 14–17. (In Russian).
10. Umnyakova N.P. Heat transfer in a ventilated air gap of ventgardens and taking account of the emissivity of surfaces. *Izvestiya vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. 2016. No. 5 (365), pp. 199–205. (In Russian).
11. Umnyakova N.P., Butovskiy I.N., Chebotarev A.G. Development of the regulation methods of heat shield of energy efficient buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 19–23. (In Russian).

УДК 699.86

К.С. АНДРЕЙЦЕВА, инженер-математик (9259988800@mail.ru)

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

## Особенности расчета температурных полей при проектировании ограждающих конструкций

*Проанализировано тепловизионное обследование конструкции, согласно которому установлено понижение температуры поверхности в локальных участках конструкции. На основе этого обследования проведено численное моделирование данной конструкции с граничными условиями, соответствующими климатическим условиям г. Москвы, а также согласно расчетной температуре, принятой во время термографирования. Представлены результаты сравнительного исследования расчета температурных полей и тепловизионной съемки изучаемого узла конструкции. Для учета примыкания различных материалов конструкции друг к другу, а именно теплопроводности этих материалов в многослойной конструкции, а также особенностей монтажа конструкции введены определенные допущения к теплотехническому расчету. Изучен характер распределения температуры в толще и на поверхности конструкции в соответствии с установленными допущениями.*

**Ключевые слова:** температурно-влажностный режим, мостик холода, теплоперенос, вентилируемый фасад, точка росы, теплотехнический расчет.

**Для цитирования:** Андрейцева К.С. Особенности расчета температурных полей при проектировании ограждающих конструкций // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 19–23.

K.S. ANDREYTSEVA, Engineer-Mathematician (9259988800@mail.ru)

Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences  
(21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

### Features of Calculation of Temperature Fields When Designing Enclosing Structures

The thermal imaging survey of the structure, according to which was established the decrease in the surface temperature in the local sections of the structure, was analyzed. On the basis of this survey, a numerical simulation of this structure was carried out with boundary conditions corresponding to the climatic conditions of Moscow as well as according to the design temperatures adopted during thermal mapping. Results of the comparative study of the calculation of temperature fields and the thermal imaging of the structural component studied are presented. For taking into account the contiguity of various materials of the construction to each other, so the thermal conductivity of these materials in a multilayer structure, as well as the features of the installation of the construction, certain «assumptions» were made to the heat engineering calculation. The nature of the temperature distribution in the thickness and on the surface of the construction was studied in accordance with the established assumptions.

**Keywords:** temperature-humidity regime, thermal bridge, heat transfer, ventilated facade, dew point, thermo-technical calculation.

**For citation:** Andreytseva K.S. Features of calculation of temperature fields when designing enclosing structures. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6, pp. 19–23. (In Russian).

В настоящее время перед архитекторами стоит задача запроектировать здание, отвечающее современным тенденциям и нормам. Вопросы, которые решают архитекторы, – создание образа строительного объекта, его зрительное восприятие, гармоничное вхождение в общую архитектурную картину местности, соответствие конструкции практическому назначению. В то же время конструкторы, опираясь на архитектурный проект, готовят весь необходимый пакет документов, планов и инженерных расчетов, подробно описывающий все условия и строительные мероприятия, необходимые для успешной реализации задуманного проекта. Взаимосвязь архитектурной концепции с нормативными требованиями и прочностными и теплотехническими характеристиками – основная и крайне сложная задача, возникающая при строительстве.

Существующий опыт расчетов температурных полей [1–9] абсолютно соответствует проектному решению конструкции (Каталог температурных полей узлов типовых ограждающих конструкций. М., 1980. 112 с.). И порой при-

вычные методы теплотехнических расчетов на этапе проектирования простых и с виду несложных конструкций могут скрывать в себе ряд ошибок, которые выявляются только в будущем. В связи с этим возникает необходимость постоянного совершенствования методики расчетов и введения в них определенных допущений.

В настоящей статье рассмотрен узел конструкции, в котором при проведении тепловизионной съемки выявлено понижение температуры на внутренней поверхности ниже санитарных норм СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Далее были проведены расчеты температурных полей в этом узле при различных граничных условиях: в соответствии с СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» и согласно условиям, в которых проводилась тепловизионная съемка (таблица 1). И затем был проведен сравнительный анализ полученных результатов.

Конструкция узла представляет собой вентилируемый фасад с утепленным минераловатными плитами монолитным железобетонным пилоном размерами 900 мм × 250 мм

Таблица 1

Расчетные параметры

Параметры	Значение	Источник
Район строительства	г. Москва	
Расчетная температура наружного воздуха, равная температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 t <sub>н</sub>	-25°C	СП 131.13330.2012, табл. 1
Расчетная температура наружного воздуха t <sub>н</sub>	-1°C	Отчет по тепловизионному осмотру
Расчетная температура внутреннего воздуха t <sub>в</sub>	20°C	Отчет по тепловизионному осмотру
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции α <sub>в</sub>	8,7 Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	СП 50.13330.2012, табл. 4
Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности α <sub>н</sub>	12 Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	СП 50.13330.2012, табл. 6

Таблица 2

Характеристики материалов элементов конструкции

Материал	Теплопроводность λ, Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)
Монолитный железобетон	2,04
Полнотелый кирпич	0,81
Минераловатный утеплитель в зоне вентилируемого фасада	0,04
Минераловатный утеплитель в зоне штукатурного фасада	0,04
Штукатурка цементно-песчаная	0,93
Штукатурка гипсовая	0,35

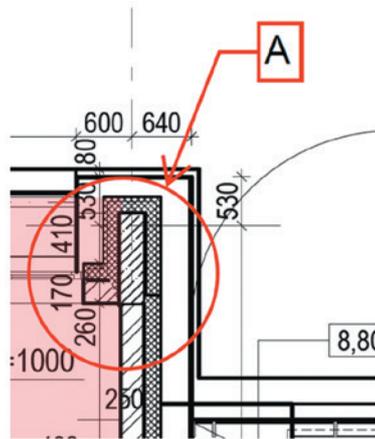


Рис. 1. Схема узла вентилируемого фасада с монолитным железобетонным пилоном, утепленным минераловатными плитами

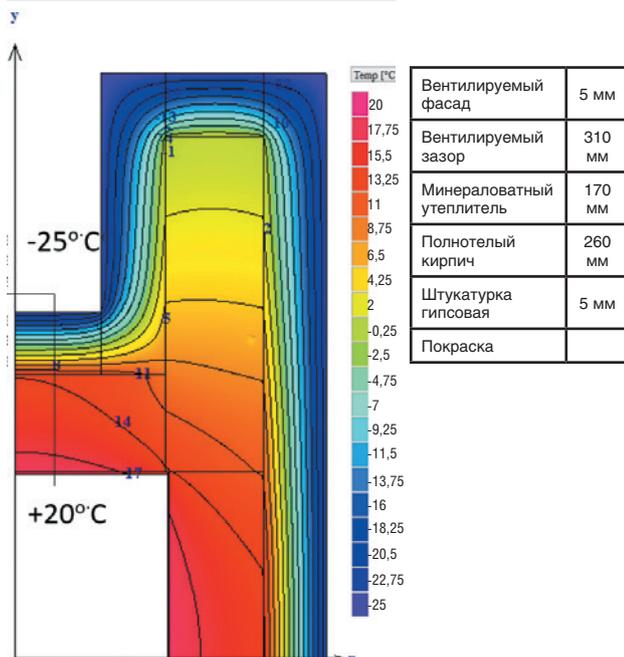


Рис. 2. Характер распределения температуры в толще конструкции

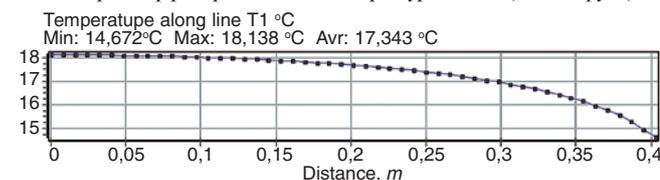


Рис. 3. Температурная кривая вдоль внутренней поверхности конструкции (слева)

и примыкаемыми к нему утепленными кирпичными стенами. На рис. 1 изображена схема узла. Параметры материалов конструкции представлены в табл. 2.

Для начала в расчете был рассмотрен проектный вариант с граничными условиями, соответствующими СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»: t<sub>н</sub> = -25°C, t<sub>в</sub> = 20°C. Характер распределения температуры в толще конструкции с обозначением изотермических линий представлен на рис. 2. На рис. 3 изображена температурная кривая вдоль внутренней стены. Как видно из рис. 3, минимальная температура на внутренней поверхности конструкции узла – это температура в угловой зоне, которая составляет 14,67°C.

Далее был проведен расчет в соответствии с условиями, в которых проводилась тепловизионная съемка, а именно:

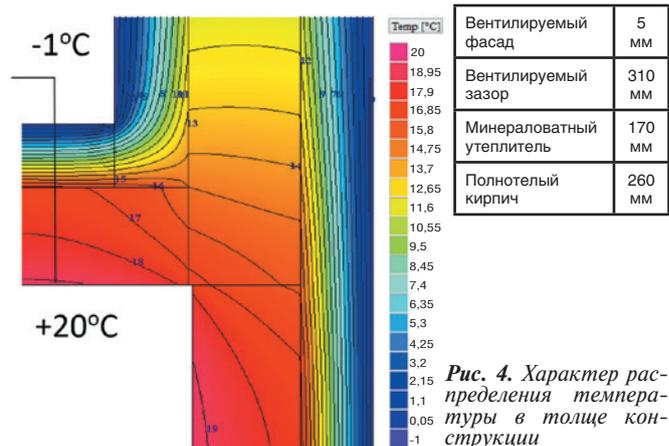


Рис. 4. Характер распределения температуры в толще конструкции

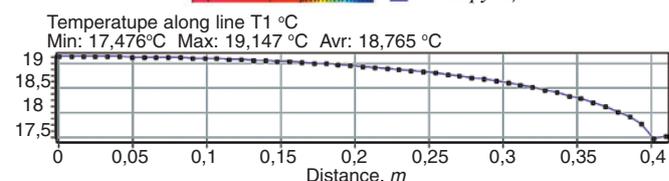


Рис. 5. Температурная кривая вдоль внутренней поверхности конструкции (слева)

t<sub>н</sub> = -1°C, t<sub>в</sub> = 20°C. Результаты расчета температурных полей и температурная кривая вдоль внутренней поверхности стены проиллюстрированы на рис. 4–5, соответственно.

Минимальная температура на внутренней поверхности конструкции узла в данном варианте составляет 17,48°C.

В отличие от проектного, «идеального» случая здесь может не быть плотного примыкания слоев конструкции, т. е. обеспечить при монтаже абсолютное слияние кладки из

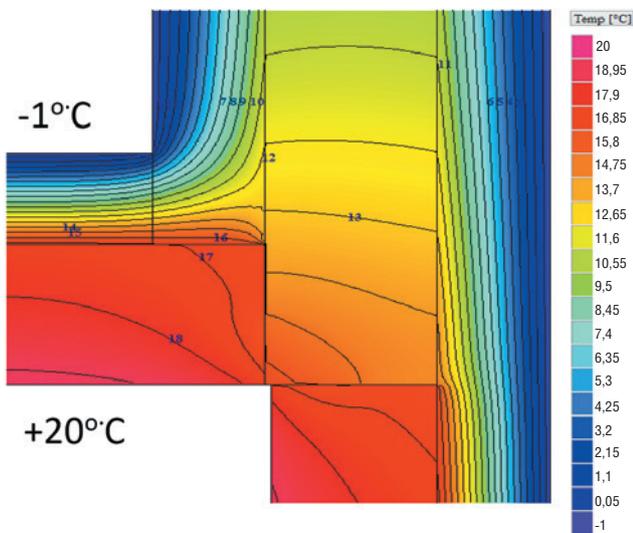


Рис. 6. Характер распределения температуры в толще конструкции

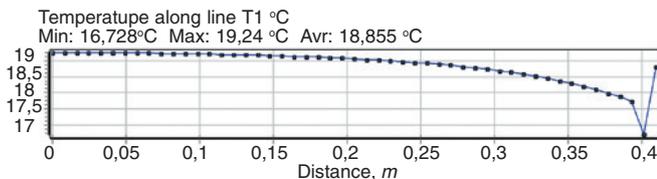


Рис. 7. Температурная кривая вдоль внутренней поверхности конструкции (слева)

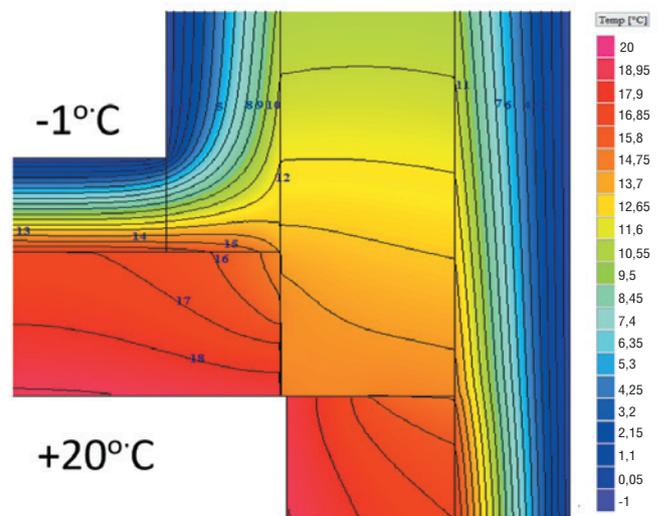


Рис. 8. Характер распределения температуры в толще конструкции

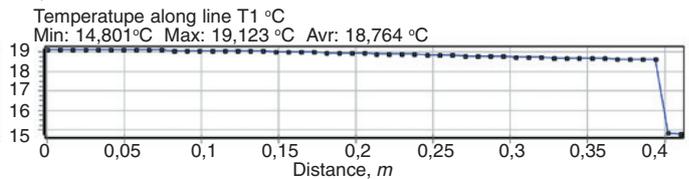


Рис. 9. Температурная кривая вдоль внутренней поверхности конструкции (слева)

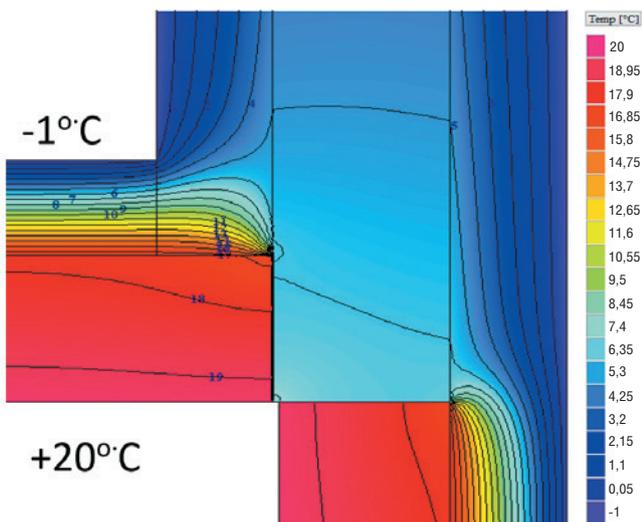


Рис. 10. Характер распределения температуры в толще конструкции

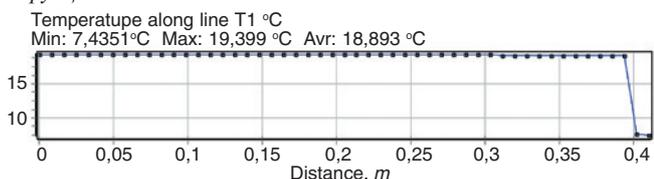


Рис. 11. Температурная кривая вдоль внутренней поверхности конструкции (слева)

полнотелого кирпича и монолитного железобетонного пилона почти невозможно. Поэтому далее были рассмотрены три возможных варианта: А – примыкание между слоями обеспечено наполовину, ближе к внутренней поверхности конструкции; Б – примыкание между слоями обеспечено

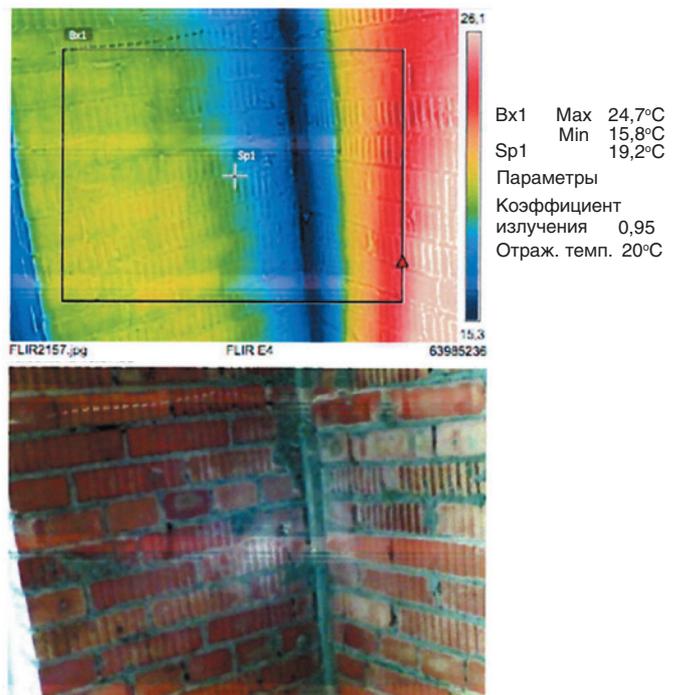


Рис. 12. Тепловизионная съемка конструкции

наполовину, ближе к наружной поверхности конструкции; В – зазор 1 мм между кирпичными слоями и монолитным железобетонным пилоном.

Вариант А. Результаты расчета температурных полей представлены на рис. 6, и температурная кривая вдоль внутренней поверхности на рис. 7.

Минимальная температура на внутренней поверхности конструкции узла в данном варианте составляет 16,73°C.

Таблица 3

Минимальная температура на внутренней поверхности конструкции узла

№	Граничные условия	Допущения	Температура
1	Проектное решение $t_{\text{н}}=-25^{\circ}\text{C}, t_{\text{в}}=20^{\circ}\text{C}$	Без допущений	14,67°C
2	Согласно отчету по тепловизионному осмотру $t_{\text{н}}=-1^{\circ}\text{C}, t_{\text{в}}=20^{\circ}\text{C}$	Без допущений	17,48°C
3	Согласно отчету по тепловизионному осмотру $t_{\text{н}}=-1^{\circ}\text{C}, t_{\text{в}}=20^{\circ}\text{C}$	Примыкание между слоями обеспечено наполовину, ближе к внутренней поверхности конструкции	16,73°C
4	Согласно отчету по тепловизионному осмотру $t_{\text{н}}=-1^{\circ}\text{C}, t_{\text{в}}=20^{\circ}\text{C}$	Примыкание между слоями обеспечено наполовину, ближе к наружной поверхности конструкции	14,8°C
5	Согласно отчету по тепловизионному осмотру $t_{\text{н}}=-1^{\circ}\text{C}, t_{\text{в}}=20^{\circ}\text{C}$	С зазором 1 мм	7,44

*Вариант Б.* Результаты расчета температурных полей представлены на рис. 8, и температурная кривая вдоль внутренней поверхности на рис. 9.

Минимальная температура на внутренней поверхности конструкции узла в данном варианте составляет 14,80°C.

*Вариант В.* Результаты расчета температурных полей представлены на рис. 10 и температурная кривая вдоль внутренней поверхности на рис. 11.

Минимальная температура на внутренней поверхности конструкции узла в данном варианте составляет 7,44°C.

Все полученные данные минимальной температуры на поверхности сведены в табл. 3.

На рис. 12 изображена термограмма конструкции. Минимальная температура на внутренней поверхности составляет 15,8°C.

Как видно из табл. 3, результаты, полученные при тепловизионной съемке конструкции, не соответствуют результа-

там расчета температурных полей проектной конструкции узла (строка 2 табл. 3), а близки к значениям расчета, сделанного с допущениями к проекту (строки 3 и 4 табл. 3).

Таким образом, можно сделать вывод, что в натуральных условиях конструкция может не соответствовать проекту ввиду особенностей выполнения кладочных работ, а также невозможности «идеального» примыкания двух материалов, в данном случае кирпичной кладки и монолитного железобетона. И при появлении минимального воздушного зазора несущая бетонная колонна-пилон промерзает вместе с утеплителем, несмотря на то что в случае расчета согласно проекту минимальная температура на внутренней поверхности соответствует нормам (строка 2 табл. 3).

При выполнении расчетов температурных полей необходимо учитывать все особенности примыкания разных материалов друг к другу и при необходимости вводить допущения, как видно из примера, описанного выше.

#### Список литературы

- Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А. Теплообмен на поверхности выступающих элементов наружных ограждений // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2016. № 4 (364). С. 157–161.
- Козлов В.В., Андрейцева К.С. Разработка инженерного метода расчета минимальной температуры на внутренней поверхности конструкции в зоне примыкания балконной плиты к стене // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2017. № 6 (994). С. 38–39.
- Умнякова Н.П., Андрейцева К.С., Смирнов В.А. Особенности критерия БИО для выступающих элементов здания // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2017. № 2 (368). С. 330–335.
- Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И., Плющенко Н.Ю. Учет теплопроводных включений и вентилируемой прослойки при расчетах сопротивления теплопередаче стены с навесной фасадной системой (НФС) // *Строительные материалы*. 2016. № 6. С. 32–35.
- Марков С.В., Шубин Л.И., Андрейцева К.С. Математическое моделирование для расчета трехмерных температурных полей узла сопряжения наружной стены с балконной плитой и монолитным междуэтажным перекрытием // *Научное обозрение*. 2014. № 7–1. С. 190–196.
- Андрейцева К.С., Ярмаковский В.Н., Кадиев Д.З. Влияние связей-соединителей бетонных слоев в трехслойных стеновых панелях на теплотехническую однородность конструкции // *Жилищное строительство*. 2015. № 7. С. 38–44.

#### References

- Umnyakova N.P., Andreytseva K.S., Smirnov V.A. Heat transfer on the surface of protruding elements of external fences. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2016. No. 4 (364), pp. 157–161. (In Russian).
- Kozlov V.V., Andreytseva K.S. Development of the engineering method for calculating the minimum temperature on the internal surface of the structure in the zone of the balcony plate to the wall. *BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki*. 2017. No. 6 (994), pp. 38–39. (In Russian).
- Umnyakova N.P., Andreytseva K.S., Smirnov V.A. Features of the Bio criterion for the protruding elements of a building. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2017. No. 2 (368), pp. 330–335. (In Russian).
- Gagarin V.G., Kozlov V.V., Lushin K.I., Plushenko N.Y. Allowance for heat-conducting inclusions and a ventilated layer in calculations of resistance to heat transfer of a wall with a hinged facade system (NFS). *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2016. No. 6, pp. 32–35. (In Russian).
- Markov S.V., Shubin L.I., Andreytseva K.S. Mathematical modeling for calculation of three-dimensional temperature fields of the interface unit of the outer wall with a balcony plate and a monolithic inter-floor overlap. *Nauchnoye obozreniye*. 2014. No. 7–1, pp. 190–196. (In Russian).
- Andreytseva K.S., Yarmakovskiy V.N., Kadiev D.Z. Influence of bonds-connectors of concrete layers in three-layered wall panels on the heat engineering uniformity of a structure. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2015. No. 7, pp. 38–44. (In Russian).

7. Гагарин В.Г., Плющенко Н.Ю. Определение термического сопротивления вентилируемой прослойки НФС // *Строительство: Наука и образование*. 2015. № 1. С. 1–3.
8. Кочев А.Г., Сергиенко А.С. Решение задачи по расчету температурных полей оконных откосов зданий // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета*. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2014. № 2 (9). С. 67–76.
9. Крайнов Д.В., Садыков Р.А. Определение дополнительных потоков теплоты через элементы фрагмента ограждающей конструкции // *Жилищное строительство*. 2012. № 6. С. 10–12.
7. Gagarin V.G., Plushenko N.Y. Determination of the thermal resistance of a ventilated layer of the NSF. *Stroitel'stvo: Nauka i obrazovaniye*. 2015. No. 1, pp. 1–3. (In Russian).
8. Kochev AG, Sergienko A.S. Solution of the problem of calculating temperature fields of window slopes of buildings. *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. Seriya: Fiziko-khimicheskiye problemy i vysokkiye tekhnologii stroitel'nogo materialovedeniya.. 2014. No. 2 (9), pp. 67–76. (In Russian).
9. Krainov D.V., Sadykov R.A. Determination of additional heat fluxes through elements of a fragment of the enclosing structure. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 6, pp. 10–12. (In Russian).

## Петербургский «Лахта Центр» — самый, самый, самый...

В Санкт-Петербурге в 9 км от исторического центра у самой кромки воды Финского залива возводится самый северный в мире и самый высокий в Европе небоскреб «Лахта Центр». Башня с прилегающими зданиями напоминает нагромождение ледяных торосов, воплощая эстетику холодных водных просторов Балтики. Высота башни со шпилем составляет 462 м, что на 88 м выше башни «Федерация» в Москва-Сити.

Комплекс состоит из четырех сооружений: собственно небоскреба, закручивающегося на 90° от основания до вершины; многофункционального разновысотного здания, разделенного на два блока продольным атриумом; арки, являющейся отдельным зданием-входом в комплекс, с уникальными большепролетными безопорными фермами, длина которых по точкам схода – 98 м; стилобата, скрывающего парковку, склады, логистический проезд.

В рейтинге небоскребов спиралевидной формы, составленном Международным советом по высотным зданиям и городской среде (СТВУН), супертолл «Лахта Центр» занимает второе место после Шанхайской башни (высота 632 м).



На встрече с журналистами профессиональных изданий, организованной службой корпоративных коммуникаций компании КНАУФ под руководством Л.М. Лося, начальника управления по проектированию АО МФК «Лахта Центр» Ю.В. Гуляк рассказала, что «Лахта Центр» – это многофункциональный комплекс площадью 400 тыс. м<sup>2</sup>. Всего в башне 87 этажей (последний этаж – 372 м). Офисные пространства комплекса займут структуры группы «Газпром», порядка трети площадей отведено под концептуальные общественные пространства: открытый амфитеатр, пешеходная набережная, обзорная площадка (самая высокая в Европе), концертный зал-трансформер, детский научно-образовательный центр с планетарием, панорамные рестораны и галереи.

Это новый центр перспективного инновационного развития Санкт-Петербурга, где предполагается реализовать современную модель взаимоотношений пространства и человека, сформировать дружелюбную городскую среду. Уже в настоящее время на прилегающих территориях планируются и возводятся объекты жилой и коммерческой недвижимости, а также социальной, спортивной и транспортной инфраструктуры.

«Лахта Центр» – супертолл, возводимый в условиях самой сложной, третьей грунтовой категории. Беспрецедентным является объем научно-исследовательского сопровождения проекта. Инженерно-технические изыскания проходили с 2011 г. с привлечением 13 компаний под научным руководством В.И. Травуша, академика РААСН, д-ра техн. наук.

В разработке и реализации проекта «Лахта Центр» было задействовано около 20 тыс. человек из 18 стран мира.

При проектировании и строительстве комплекса внедрено более 100 инновационных инженерных решений. Например, сваи под небоскребом достигают диаметра 2 м и являются самыми широкими в мире. Коробчатый фундамент башни включает три плиты. Нижняя, толщиной 3600 мм и объемом более 19 тыс. м<sup>3</sup>, была залита без остановок за 49 ч. Эта операция занесена в Книгу рекордов Гиннеса.

В проекте применен ряд конструктивных решений, для которых нормативная база в Российской Федерации отсутствовала. В связи с этим разрабатывалась нормативная документация, специальные технические условия на проектирование, методики расчета и испытания конструкций. Например, благодаря разработке нормативной базы на несущие конструкции из стекла, у российских архитекторов появилась возможность использовать стеклянные конструкции в качестве несущих, а не только ограждающих.

Конечно, такая суперстройка не могла обойтись без суперматериалов КНАУФ. Как отметил на встрече с журналистами Е. Павлов, руководитель отдела продукт-менеджмента Северо-Западной бытовой дирекции ООО «КНАУФ ГИПС», при строительстве «Лахта Центра» в основном применялись нестандартные технологии КНАУФ, разработанные специально для этого объекта.

Например, крепить перегородки к металлическим балкам было нельзя, дабы не нарушать их огнестойкость. Для решения задачи применен силовой каркас из КНАУФ-профилей UA. Шумозащитные панели технических этажей башни выполнены из гипсоволокнистых КНАУФ-суперлистов и защищают соседние этажи от ударного и воздушного шума. Перегородки с обшивками из КНАУФ-листов Сапфир DFH3IR соответствуют высоким стандартам проектировщиков по пожаробезопасности и шумозащите. Также на объектах «Лахта Центра» применяют негорючие плиты КНАУФ-Файерборд, широкий спектр сухих строительных смесей.

Завершить строительство «Лахта Центра» планируется в 2018 г.



УДК 628.921/928

И.А. ШМАРОВ, канд. техн. наук (shmarovigor@yandex.ru), В.А. ЗЕМЦОВ, канд. техн. наук,  
В.В. ЗЕМЦОВ, инженер, В.А. КОЗЛОВ, канд. техн. наук

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

## Обновленная методика расчета продолжительности инсоляции помещений и территорий по инсоляционным графикам

*Рассмотрена обновленная методика расчета продолжительности инсоляции помещений жилых и общественных зданий и территорий с помощью инсоляционных графиков, вошедшая в новый ГОСТ Р 57792–2017 «Здания и сооружения. Методы определения инсоляции». Изложена последовательность расчета продолжительности инсоляции. Приведены инсоляционные графики, разработанные применительно к расчетным дням для различных географических широт России. Определен порядок расчета теневых углов для световых проемов, расположенных на балконах и лоджиях, световых проемов мансард, расположенных в наклонной плоскости, зенитных фонарей. Обоснована необходимость гармонизировать в дальнейшем ГОСТ Р 57795–2017 с вышедшим в 2017 г. изменением № 1 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01, изменившим расчетные дни начала и окончания периода инсоляции для центральной географической зоны России. Применение методики будет способствовать повышению точности расчетов продолжительности инсоляции помещений и более полному учету ресурсов светового климата района строительства.*

**Ключевые слова:** инсоляция, географическая широта, затенение, инсоляционный график, часовые линии, световой проем, зенитный фонарь, расчетная точка, теневой угол, генплан, ситуационный план, плотность застройки.

**Для цитирования:** Шмаров И.А., Земцов В.А., Земцов В.В., Козлов В.А., Обновленная методика расчета продолжительности инсоляции помещений жилых и общественных зданий и территорий по инсоляционным графикам // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 24–31.

I.A. SHMAROV, Candidate of Sciences (Engineering) (shmarovigor@yandex.ru), V.A. ZEMTSOV, Candidate of Sciences (Engineering),  
V.V. ZEMTSOV, Engineer, V.A. KOZLOV, Candidate of Sciences (Engineering)  
Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences  
(21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

### Updated Method of Calculating Time of Sun Effect Duration for Rooms of Residential and Public Buildings and Territories with Insolation Charts

The article considers the updated method for calculation of sun effect duration of rooms of residential and public buildings and territories by means of insolation charts included in the new GOST P 57792–2017 «Buildings and Constructions. Methods for Determination of Insolation». The sequence of calculation of insolation duration is stated. The insolation charts developed in relation to calculation days for various geographic latitudes of Russia are provided. The procedure of calculation of shadow angles for light openings located on balconies and loggias, light openings of the attics located in an inclined plane, clear-stories is determined. The need for further harmonization of the GOST P 57795–2017 with the change No. 1 SanPiN 2.2.1/2.1.1.1076-01 of 2017, which changed the calculation days of the beginning and the end of the insolation period for the central geographical zone of Russia, is substantiated. The application of the method will contribute to improving the accuracy of calculations of the duration of insolation of premises and a more complete account of the light climate resources of the construction area.

**Keywords:** insolation, geographic latitude, shadowing, insolation chart, hour lines, light opening, clerestory, calculation point, shadow angle, master plan, situational plan, development density.

**For citation:** Shmarov I.A., Zemtsov V.A., Zemtsov V.V., Kozlov V.A. Updated method of calculating time of sun effect duration for rooms of residential and public buildings and territories with insolation charts. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6, pp. 24–31. (In Russian).

По определению инсоляция – это облучение какой-либо поверхности прямыми солнечными лучами. В области архитектурно-строительного проектирования термин «инсоляция помещений» означает облучение их солнечными лучами через световые проемы. Инсоляция оказывает необходимое для человека оздоравливающее влияние на среду его обитания. В англоязычных статьях инсоляция обозначается терминами: insolation, solar illuminance sunlighting, sun duration.

Важность инсоляции для профилактики различных заболеваний неоднократно отмечалась в российской и зарубежной периодике и нормативных документах. Споры об оптимальных значениях продолжительности инсоляции до настоящего времени не прекращаются [1–6]. Согласно документу ООН – ЕСЕ/НВР 81 «Компендиум Европейской экономической комиссии (ЕЭК), включающий образцы положений для строительных правил» (Нью-Йорк: Организация Объединенных Наций, 1992. 105 с.), национальные

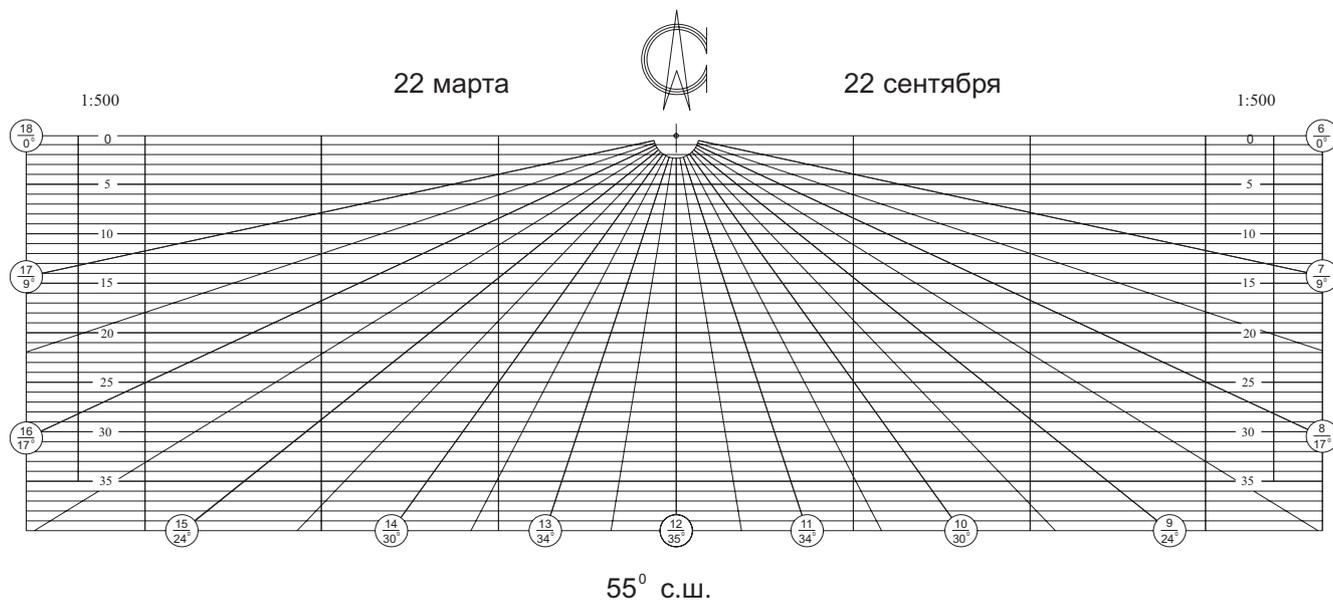


Рис. 1. Пример инсоляционного графика, разработанного применительно к дням весеннего (осеннего) равноденствия

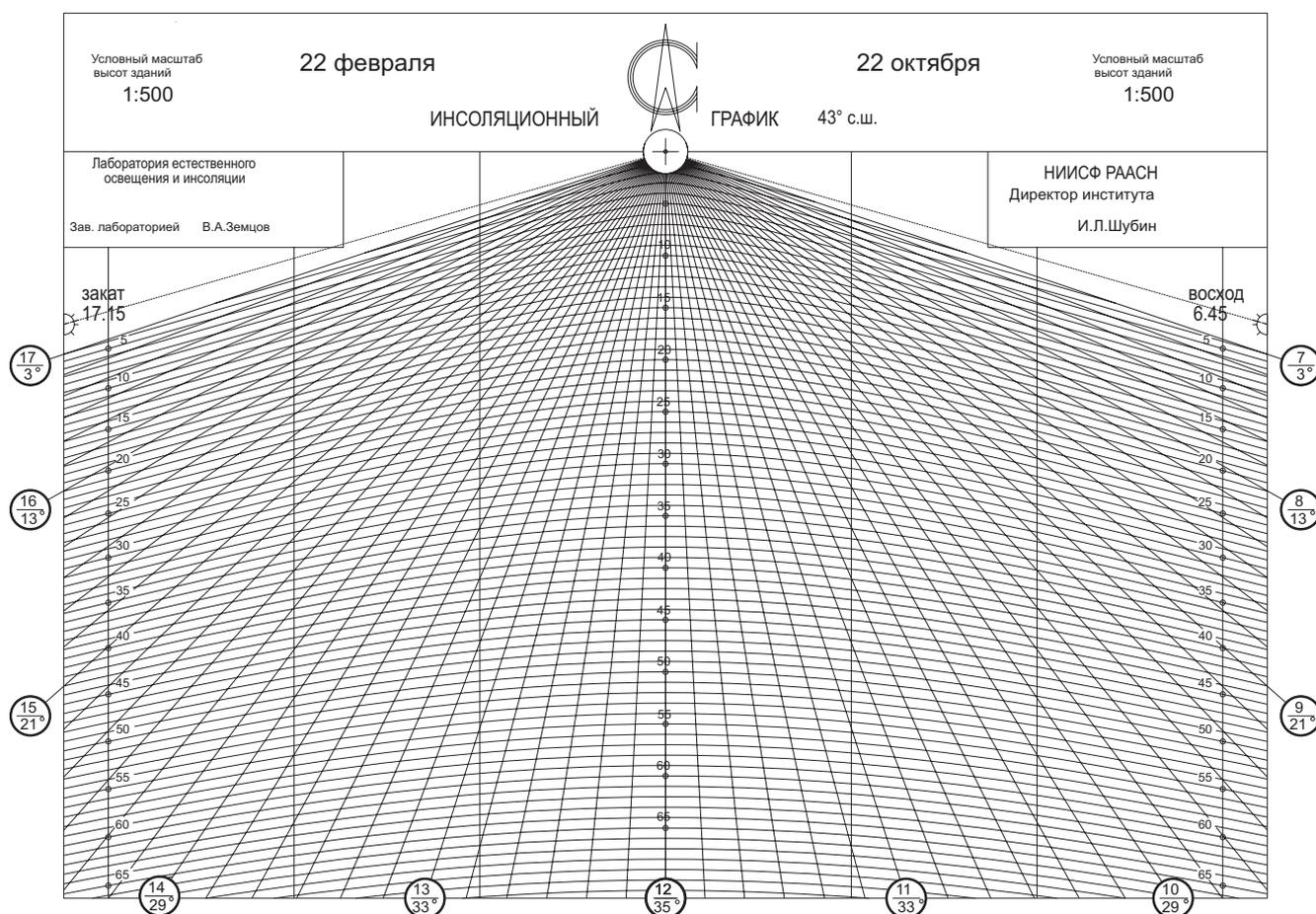


Рис. 2. Инсоляционный график для южной зоны Российской Федерации (43° с. ш.)

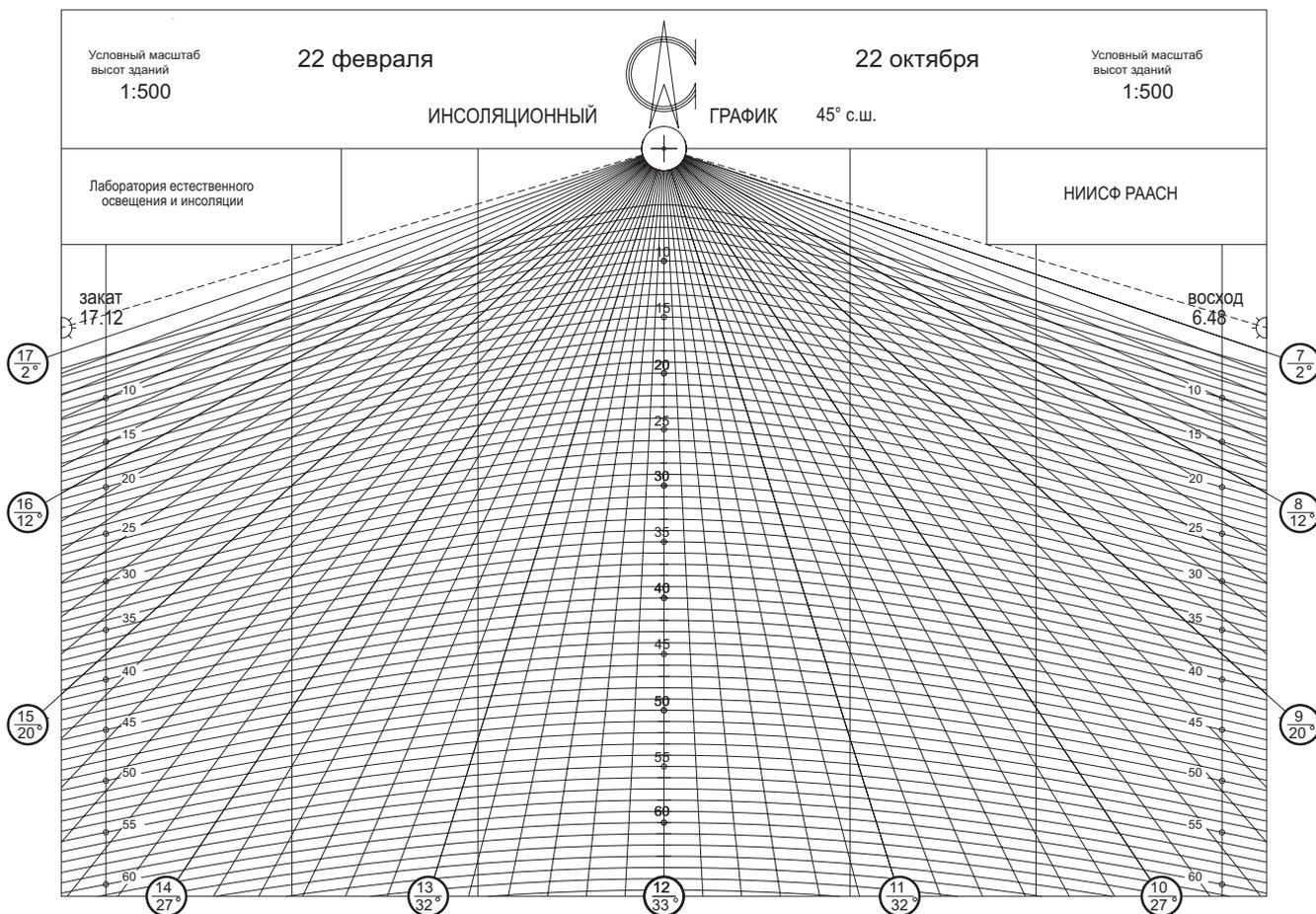


Рис. 3. Инсоляционный график для южной зоны Российской Федерации (45° с. ш.)

строительные нормы должны содержать нормативы продолжительности инсоляции.

Европейским комитетом по стандартизации CEN подготовлен проект европейского стандарта FprEN 17037 «Daylight of buildings», в котором наряду с нормами естественного освещения приведены нормы продолжительности инсоляции – 1,5 ч.

Количественная оценка инсоляции помещений различного назначения и территорий, окружающих здания, производится на основании соответствующих санитарно-гигиенических и строительных норм. В России в настоящее время в соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.1999 г. ее продолжительность регламентируется действующими санитарно-эпидемиологическими нормами СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий».

В различных странах мира осуществляется расчет инсоляции на основе собственных научных исследований особенностей светового климата и сложившейся градостроительной ситуации [7–11].

Продолжительность инсоляции определяют программными средствами или графическими методами. Программные средства требуют внесения больших баз данных по проектируемому зданию и прилегающей застройке, следовательно, существенных трудозатрат. Графические методы

более просты в применении. Наиболее широкое применение при проектировании и экспертизе проектов в России нашли инсоляционные графики (рис. 1). При проектировании применяются инсографы, построенные для определенной географической широты и масштаба и нанесенные на прозрачную подложку или электронные инсографы в виде программного приложения к программе Acad, позволяющего перемещать инсографы по генплану на экране компьютера.

Часовые линии на инсоляционном графике нанесены с интервалом через 30', при этом на линиях, соответствующих целым часам, в кружках обозначены время (над чертой) и высота стояния солнца над горизонтом в градусах (под чертой). В центре, на пересечении полуденной часовой линии и линии с нулевой высотой, обозначен полюс графика – точка, которая при расчете продолжительности инсоляции совмещается с расчетной точкой. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 и новому ГОСТ Р 57795–2017 «Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции» расчетная точка определяется как точка на пересечении теневых углов светового проема. Линии хода тени нанесены на график через равные промежутки и в условном масштабе определяют расчетную высоту затеняющих объектов. Значения высот в метрах нанесены на вертикальных линиях графика.

Инсоляционные графики, как правило, строятся для условных масштабов 1:500, 1:1000 и 1:2000 в соответствии

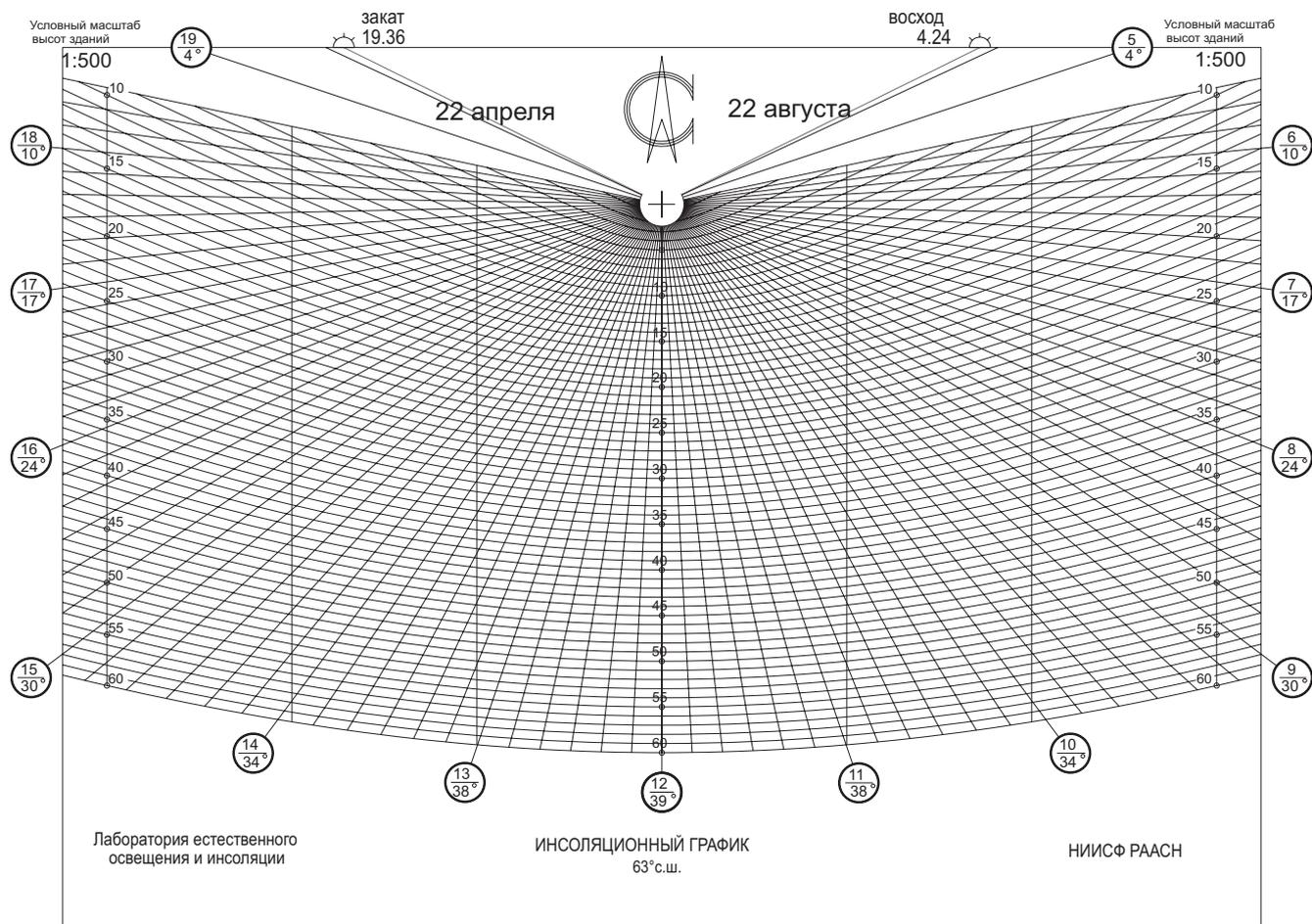


Рис. 4. Инсоляционный график для северной зоны Российской Федерации (63° с. ш.)

с масштабами, принятыми для построения генерального и ситуационного планов и других планировочных чертежей. Они могут быть так же использованы и в масштабах 1:50, 1:100, 1:200. Выполненный в определенном масштабе график представляет собой проекцию на горизонтальную плоскость солнечных лучей, приходящих в фиксированную точку через определенный временной интервал на протяжении дня, а также линии пересечения их горизонтальными плоскостями, проведенными через определенный шаг по высоте.

Инсоляционные графики, разработанные для определенной географической широты [для северной зоны (севернее 58° с. ш.); для центральной зоны (58° с. ш. – 48° с. ш.) и южной зоны (южнее 48° с. ш.)], могут применяться для расчета продолжительности инсоляции в пределах  $\pm 1^\circ$ . Расчет продолжительности инсоляции помещений и территорий на определенный период проводится на день начала периода или день его окончания приведенном в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01.

В 2017 г. в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 внесено изменение № 1, установившее сокращенный период продолжительности инсоляции для центральной географической зоны. Данные изменения не нашли отражения в новом ГОСТ Р 57795–2017.

В настоящее время определены следующие периоды инсоляции для географических зон территории России:

- северной зоны (севернее 58° с. ш.) – 22 апреля или 22 августа;
- центральной зоны (58° с. ш. – 48° с. ш.) – 22 апреля или 22 августа;
- южной зоны (южнее 48° с. ш.) – 22 февраля или 22 октября.

В качестве примера на рис. 2–5 приведены инсоляционные графики для некоторых широт территории Российской Федерации для южной и северной зон.

Для доведения инсоляционных графиков, представленных на рис. 2–5, до рабочего состояния необходимо определить одну из условных высот данного графика для полудня (12.00) по формуле:

$$H_y = (H_{зд} / M) \cdot \operatorname{ctg} \beta,$$

где  $H_y$  – условная высота графика, см;  $H_{зд}$  – высота здания, см;  $M$  – масштаб;  $\beta$  – высота стояния солнца в полдень (12.00), град.

В обновленной методике расчета продолжительности инсоляции приведены формулы для расчета горизонтальных и вертикальных теневых и световых углов для различных расчетных схем светопроемов, в том числе и наклонных светопроемов и зенитных фонарей, которые отсутствовали в предыдущей методике расчета.

Расчет по обновленной методике осуществляется в следующей последовательности.

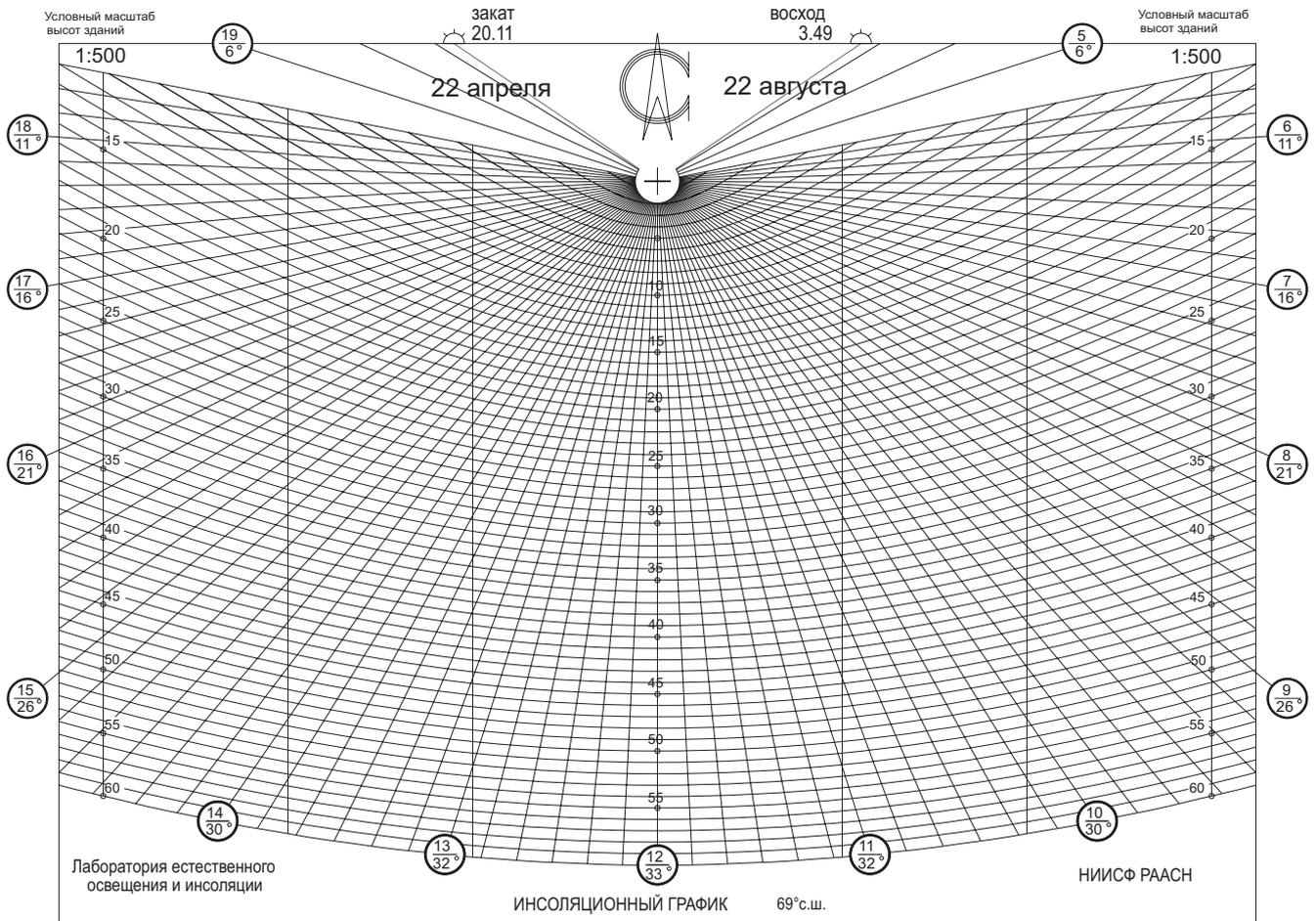


Рис. 5. Инсоляционный график для северной зоны Российской Федерации (69° с. ш.)

1. На плане помещения, выполненном в определенном масштабе (например, в масштабе 1:20, 1:50), определяют горизонтальные теневые и световые углы светового проема с учетом вертикальных экранирующих его элементов (выступов на фасаде, вертикальных ограждений лоджий, вертикальных ограждений балконов), но без учета противлежащих объектов и рельефа; фиксируют расчетную точку  $A$  на пересечении лучей, определяющих горизонтальные теневые углы светового проема расчетного помещения (рис. 6–12);

2. На разрезе помещения определяют вертикальный теневой и световой углы светового проема с учетом вертикальных экранирующих его элементов (выступов на фасаде, вертикальных ограждений лоджий, вертикальных ограждений балконов) (рис. 6–12).

3. После определения горизонтальных и вертикальных теневых и световых углов светопроема в расчетном помещении его ориентируют по сторонам горизонта, а инсоляционный график, выполненный в масштабе, соответствующем масштабу расчетного помещения, ориентируют строго на север; при этом полюс инсоляционного графика поочередно совмещают с вершинами левого и правого теневых углов светового проема и определяют время начала и окончания инсоляции с учетом затеняющего влияния горизонтальных экранирующих элементов (балконов вышележащих этажей, козырьков подъездов, плит пере-

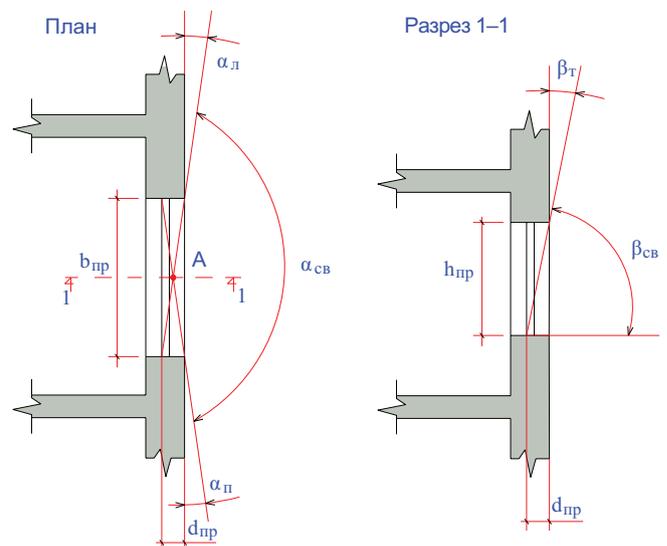
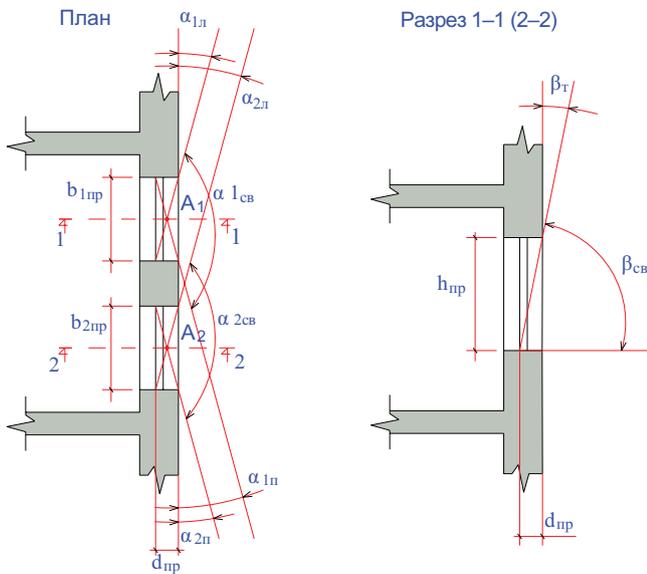
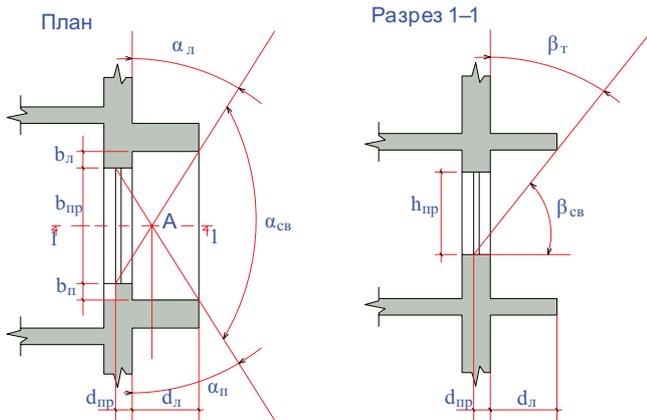


Рис. 6. Схема определения горизонтальных и вертикальных теневых и световых углов оконного проема расчетного помещения:  $A$  – расчетная точка помещения;  $\alpha_{л}$  – левый горизонтальный теневой угол оконного проема;  $\alpha_{п}$  – правый горизонтальный теневой угол оконного проема;  $\alpha_{св}$  – световой горизонтальный угол оконного проема;  $\beta_{т}$ ,  $\beta_{св}$  – вертикальные теневой и световой углы оконного проема соответственно:  $\alpha_{л} = \alpha_{п} = \arctg(d_{пр}/b_{пр})$ ;  $\alpha_{св} = 180^\circ - \alpha_{л} - \alpha_{п}$ ;  $\beta_{т} = \arctg(d_{пр}/h_{пр})$ ;  $\beta_{св} = 90^\circ - \beta_{т}$



**Рис. 7.** Схема определения горизонтальных и вертикальных теневых и световых углов оконных проемов расчетного помещения:  $A_1, A_2$  – расчетные точки помещения для первого и второго оконных проемов соответственно;  $\alpha_{1л}, \alpha_{2л}$  – левые горизонтальные теневые углы первого и второго оконных проемов соответственно;  $\alpha_{1п}, \alpha_{2п}$  – правые горизонтальные теневые углы первого и второго оконных проемов соответственно;  $\alpha_{1св}, \alpha_{2св}$  – горизонтальные световые углы первого и второго оконных проемов соответственно;  $\beta_т, \beta_св$  – вертикальные теневой и световой углы оконного проема соответственно.

$$\alpha_{1л} = \alpha_{1п} = \arctg(d_{np}/b_{1np}); \alpha_{1св} = 180^\circ - \alpha_{1л} - \alpha_{1п}; \alpha_{2л} = \alpha_{2п} = \arctg(d_{np}/b_{2np}); \alpha_{2св} = 180^\circ - \alpha_{2л} - \alpha_{2п}; \beta_т = \arctg(d_{np}/h_{np}); \beta_св = 90^\circ - \beta_т$$



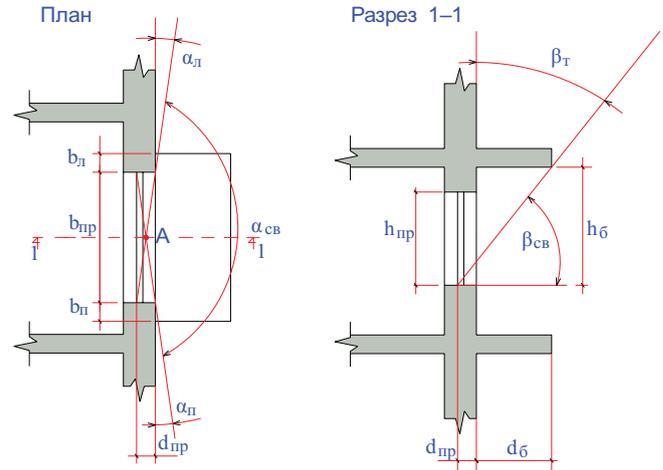
**Рис. 9.** Схема определения горизонтальных и вертикальных теневых и световых углов оконного проема помещения с лоджией:  $A$  – расчетная точка помещения;  $\alpha_л, \alpha_п$  – левый и правый теневые углы оконного проема соответственно;  $\alpha_св$  – горизонтальный световой угол оконного проема;  $\beta_т, \beta_св$  – вертикальные теневой и световой углы оконного проема соответственно.

$$\alpha_л = \arctg[(d_{np} + d_n)/(b_{np} + b_n)]; \alpha_п = \arctg[(d_{np} + d_n)/(b_{np} + b_n)]; \alpha_св = 180^\circ - \alpha_л - \alpha_п; \beta_т = \arctg[(d_{np} + d_n)/h_n]; \beta_св = 90^\circ - \beta_т$$

крытия лоджий), но без учета противостоящих объектов и рельефа.

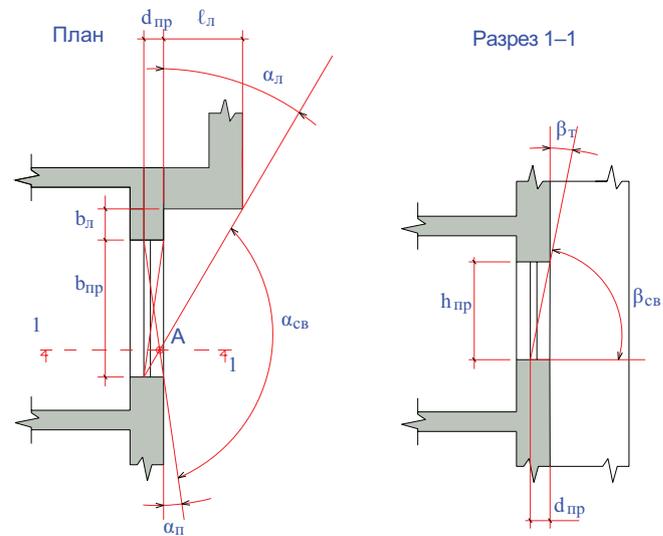
4. По времени начала и окончания определяют инсоляционный угол и продолжительность инсоляции помещения без учета противостоящих объектов и рельефа местности.

5. На генеральном или ситуационном плане участка застройки определяют положение расчетной точки помещения и переносят инсоляционный угол с учетом его ориен-



**Рис. 8.** Схема определения горизонтальных и вертикальных теневых и световых углов оконного проема помещения с балконом:  $A$  – расчетная точка помещения;  $\alpha_л, \alpha_п$  – левый и правый теневые углы оконного проема соответственно;  $\alpha_св$  – горизонтальный световой угол оконного проема;  $\beta_т, \beta_св$  – вертикальные теневой и световой углы оконного проема соответственно.

$$\alpha_л = \arctg[(d_{np} + d_б)/(b_{np} + b_n)]; \alpha_п = \arctg[(d_{np} + d_n)/(b_{np} + b_n)]; \alpha_св = 180^\circ - \alpha_л - \alpha_п; \beta_т = \arctg[(d_{np} + d_б)/h_n]; \beta_св = 90^\circ - \beta_т$$



**Рис. 10.** Схема определения горизонтальных и вертикальных теневых и световых углов оконного проема расчетного помещения с учетом выступа в наружной стене здания:  $A$  – расчетная точка помещения;  $\alpha_л, \alpha_п$  – левый и правый горизонтальные теневые углы оконного проема соответственно;  $\alpha_св$  – горизонтальный световой угол оконного проема;  $\beta_т, \beta_св$  – вертикальные теневой и световой углы оконного проема соответственно.

$$\alpha_л = \arctg[(d_{np} + l_n)/(b_{np} + b_n)]; \alpha_п = \arctg(d_{np}/b_n); \alpha_св = 180^\circ - \alpha_л - \alpha_п; \beta_т = \arctg(d_{np}/h_{np}); \beta_св = 90^\circ - \beta_т$$

тации на генеральный или ситуационный план в расчетную точку  $A$  помещения.

6. Полюс инсоляционного графика совмещают с расчетной точкой на генеральном или ситуационном плане участка застройки согласно рис. 13.

7. Инсоляционный график ориентируют по сторонам горизонта и отмечают расчетную высоту  $H_p$  противоположного объекта по условному масштабу высот зданий на инсоляционном графике.

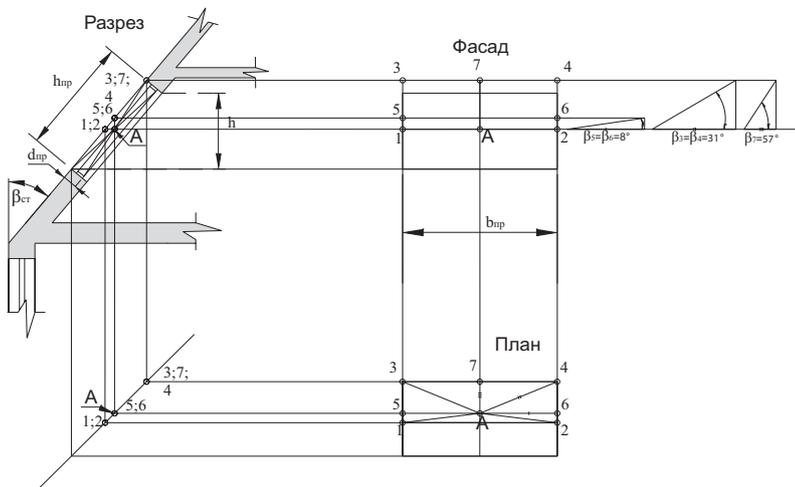


Рис. 11. Схема определения положения расчетной точки  $A$  для наклонных световых проемов:  $A$  – расчетная точка помещения;  $h_{пр}$  – высота оконного проема;  $h$  – вертикальная составляющая высоты оконного проема;  $d_{пр}$  – условная глубина оконного проема;  $b_{пр}$  – ширина оконного проема;  $\beta_{ст}$  – угол наклона стены относительно вертикали;  $\beta_3; \beta_4; \beta_5; \beta_6$  – соответственно вертикальные теневые углы оконного проема в направлениях  $A-3; A-4; A-5; A-6$  в плане

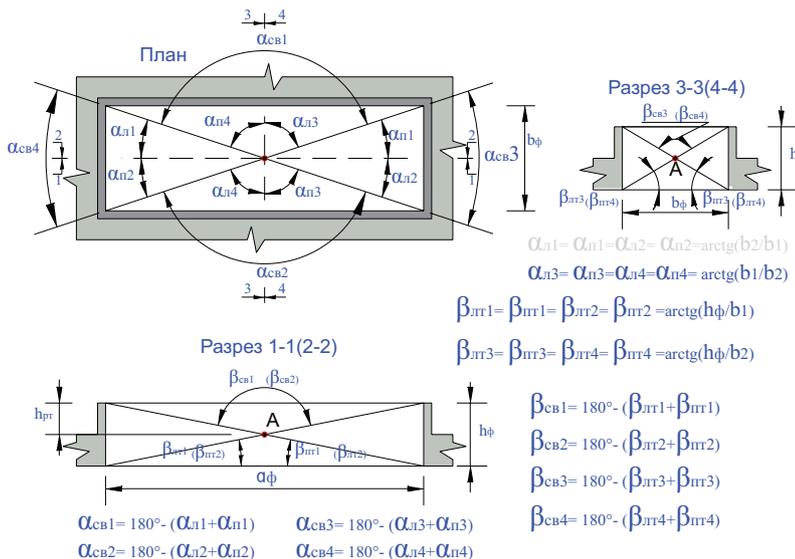


Рис. 12. Схема определения теневых и световых углов и положения расчетной точки  $A$  зенитных фонарей:  $A$  – расчетная точка помещения;  $\alpha_{л}, \alpha_{п}$  – соответственно левый и правый горизонтальные теневые углы светового проема фонаря

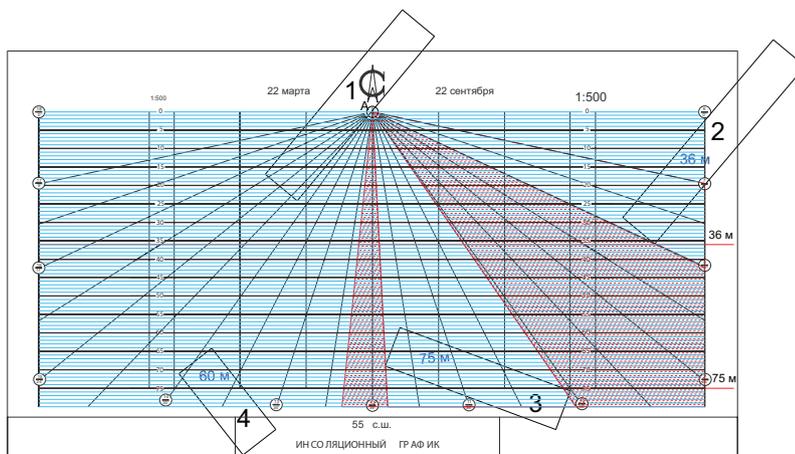


Рис. 13. Схема к определению продолжительности инсоляции с помощью инсоляционного графика: 1 – проектируемое здание; 2–4 – здания окружающей застройки

8. В пределах инсоляционного угла определяют угол затенения расчетной точки противостоящим объектом, время начала, время окончания и продолжительность ее затенения.

9. По разности продолжительности инсоляции без учета противостоящих объектов и рельефа местности и продолжительности затенения определяют расчетную продолжительность инсоляции помещения (рис. 13)

Представленная в ГОСТ Р 57795–2017 обновленная методика расчета продолжительности инсоляции помещений и территорий позволяет рассмотреть все возможные расчетные схемы светопроемов, включая светопроемы, расположенные в мансардном этаже (наклонные светопроемы), а также светопроемы зенитных фонарей. Кроме того, наличие в ней формул для расчета горизонтальных и вертикальных теневых (защитных) и световых углов для каждой расчетной схемы светопроема позволяет повысить точность расчетов и обеспечить более полное использование ресурсов светового климата, что позволит увеличить высоту проектируемых зданий, а также обеспечит более рациональное использование существующей жилой застройки при реконструкции в условиях ее уплотнения.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Представленные в ГОСТ Р 57795–2017, инсоляционные графики для центральной зоны (58° с. ш. – 48° с. ш.) разработаны на дни равноденствия (22 марта и 22 сентября) и не учитывают утвержденного после разработки ГОСТ Р изменения № 1 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01. Необходимо разработать и внести изменение в ГОСТ Р 57795–2017: заменить инсоляционные графики для центральной географической зоны России с учетом изменения периода инсоляции, принятого в изменении № 1 – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01.

2. Инсоляционные графики являются самым простым и надежным способом расчета продолжительности инсоляции помещений зданий и прилегающей территории застройки. В настоящее время они используются не только в России, но и в странах СНГ, Монголии и на Украине. Целесообразно разработать международный стандарт ИСО по методам определения продолжительности инсоляции и включить в него инсоляционные графики.

### Список литературы

1. Шмаров И.А., Земцов В.А., Коркина Е.В. Инсоляция: практика регулирования и расчета // *Жилищное строительство*. 2016. № 7. С. 48–53.
2. Фокин С.Г., Бобкова Т.Е., Шишова М.С. Оценка гигиенических принципов нормирования инсоляции в условиях крупного города на примере Москвы // *Гигиена и санитария*. 2003. № 2. С. 9–10.
3. Земцов В.А., Гагарина Е.В. Экологические аспекты инсоляции жилых и общественных зданий // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2012. № 2. С. 38–41.
4. Земцов В.А., Гагарин В.Г. Инсоляция жилых и общественных зданий. Перспективы развития // *ACADEMIA. Архитектура и строительство*. 2009. № 5. С. 147–151.
5. Щепетков Н.И. О некоторых недостатках норм и методик инсоляции и естественного освещения // *Светотехника*. 2006. № 1. С. 55–56.
6. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. Предложения по нормированию и расчету инсоляции жилых помещений // *Жилищное строительство*. 2013. № 6. С. 50–53.
7. Данциг Н.М. Гигиена освещения и инсоляции зданий и территорий застройки городов. М.: БРЭ, 1971.
8. Boubekri M., Hull R.B., Boyer L.L. Impact of window size and sunlight penetration on office workers' mood and satisfaction. a novel way of assessing sunlight. *Environment and Behavior*. 1991. V. 23. № 4. P. 474–493.
9. Daylight, sunlight and solar gain in the urban environment. Littlefair P. *Solar Energy*. 2001. V. 70. № 3. P. 177–185.
10. Perceived performance of daylighting systems: lighting efficacy and agreeableness. Fontoynt M. *Solar Energy*. 2002. V. 73. № 2. P. 83–94.
11. El Diasty R. Variable positioning of the sun using time duration. *Renewable Energy*. 1998. V. 14. № 1–4. P. 185–191.

### References

1. Shmarov I.A., Zemtsov V.A., Korkina E.V. Insolation Practice of Regulation and Calculation. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 7, pp. 48–53. (In Russian).
2. Fokin S.G., Bobkova T.E., Shishova M.S. Assessment of the hygienic principles of rationing of insolation in the conditions of the large city on the example of Moscow. *Gigiena i sanitariya*. 2003. No. 2, pp. 9–10. (In Russian).
3. Zemtsov V.A., Gagarina E.V. Ecological aspects of insolation of residential and public buildings. *BST: Bulleten' stroitel'noj tehniki*. 2012. No. 2, pp. 38–41. (In Russian).
4. Zemtsov V.A., Gagarin V.G. Insolation of residential and public buildings. Prospects of development. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*. 2009. No. 5, pp. 147–151. (In Russian).
5. Shhepetkov N.I. About some shortcomings of norms and techniques of insolation and natural lighting. *Svetotekhnika*. 2006. No. 1, pp. 55–56. (In Russian).
6. Kuprijanov V.N., Halikova F.R. About some shortcomings of norms and techniques of insolation and natural lighting. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2013. No. 6, pp. 50–53. (In Russian).
7. Danzig N. M. Gигиена osvesheniya I insolyazii zdaniy i territorii zastroyki gorodov [Hygiene of daylighting and insolation of buildings and urban territories of the cities]. Moscow: BRE, 1971. (In Russian).
8. Boubekri M., Hull R.B., Boyer L.L. Impact of window size and sunlight penetration on office workers' mood and satisfaction. a novel way of assessing sunlight. *Environment and Behavior*. 1991. V. 23. No. 4, pp. 474–493.
9. Daylight, sunlight and solar gain in the urban environment. Littlefair P. *Solar Energy*. 2001. V. 70. No. 3, pp. 177–185.
10. Perceived performance of daylighting systems: lighting efficacy and agreeableness. Fontoynt M. *Solar Energy*. 2002. V. 73. No. 2, pp. 83–94.
11. El Diasty R. Variable positioning of the sun using time duration. *Renewable Energy*. 1998. V. 14. No. 1–4, pp. 185–191.

22–25 января 2019 | Красноярск

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В  
XXVII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ВЫСТАВКЕ  
**СТРОИТЕЛЬСТВО**  
**АРХИТЕКТУРА**

ВЕДУЩАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ И ИНТЕРЬЕРНАЯ ВЫСТАВКА  
СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Совместно с выставкой строительной и складской техники

«ТехСтройЭкспо. Дороги»

Итоги 2018:

5 146 посетителей, 3 320 специалистов отрасли,  
1 700 компаний.

175 экспонентов из России, Китая, Южной Кореи,  
Беларуси.

Официальная поддержка:



Организатор:



МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19  
тел.: (391) 200-44-00  
www.krasfair.ru

0+

УДК 625.4

В.А. СМИРНОВ, канд. техн. наук (belohvost@list.ru)

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

## Виброзащита верхнего строения пути метрополитена с применением конструкции типа «масса-пружина»

Линии метро являются источниками повышенной вибрации, которая передается по грунту до зданий, находящихся на расстоянии до 40 м от оси тоннеля и распространяется по нему, зачастую превышая нормируемые санитарными требованиями или требованиями механической безопасности показатели. Снижение превышений на проектируемых или действующих линиях метрополитена возможно за счет применения виброзащитной конструкции верхнего строения пути, наиболее эффективной из которых является система «масса-пружина». Дан анализ текущих эксплуатируемых аналогов, а также представлены положения расчета конструкции при действии подвижной нагрузки как бесконечно длинной балки, лежащей на нелинейно-упругом основании. Приведена оценка эффективности виброизоляции данной системы при движении поездов.

**Ключевые слова:** вибрация, система «масса-пружина», верхнее строение пути, линии метрополитена, виброизоляция.

**Для цитирования:** Смирнов В.А. Виброзащита верхнего строения пути метрополитена с применением конструкции типа «масса-пружина» // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 32–35.

V.A. SMIRNOV, Candidate of Sciences (Engineering) (belohvost@list.ru)  
Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences  
(21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

### Vibro-Protection of Subway Upper Track Structure of with the Use of the Structure of “Mass-Spring” Type

Subway lines are sources of increased vibration, which is transmitted through the ground to the buildings located up to 40 m from the tunnel axis and spreading over it, often exceeding the vibration limits specified by sanitary standards or mechanical safety requirements. Reducing exceeding values on the designed or operating metro lines is possible by application of a vibration-isolation of the upper track structure, the most effective of which is the «mass-spring» system or “floating slab”. The article gives an analysis of the current analogues under operation, as well as the provisions for the design of this system subjected to the moving load as an infinitely long beam lying on a nonlinear-elastic foundation. The vibration isolation efficiency of this system during the movement of trains is estimated.

**Keywords:** vibration, mass-spring system, upper track structure, subway lines, vibration isolation.

**For citation:** Smirnov V.A. Vibro-protection of subway upper track structure of with the use of the structure of “mass-spring” type. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6, pp. 32–35. (In Russian).

В соответствии с утвержденным «Планом развития метрополитена до 2020 г.» планируется существенное расширение его сети и прокладка тоннелей как в центральной части города, так и в пригородах. При этом новые трассы метрополитена пройдут в границах существующей сложившейся городской застройки. Учитывая размер технической зоны метрополитена, который составляет 40 м в обе стороны от внешнего контура сооружений, значительная часть сложившейся городской застройки оказывается в зоне влияния вибрационного и шумового загрязнения от линий метро, что подтверждается результатами проведенных специалистами НИИСФ РААСН [1–3], ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в г. Москве» [4] натуральных измерений на действующих и новых ветках метро (рис. 1).

Вибро-шумовое загрязнение возникает при взаимодействии колесной пары и рельса. Оно усиливается в области стыков и на неровностях поверхности катания [5–7], что приводит к возникновению динамических нестационарных нагрузок и вибрации элементов верхнего строения пути. Вибрация верхнего строения пути передается на тоннель, от него по грунту на фундамент здания и проникает в помещение, вызывая не только вибрацию стен и перекрытий, но

и структурный шум в помещении. Вибрация, создаваемая в помещениях жилых и общественных зданий от движения

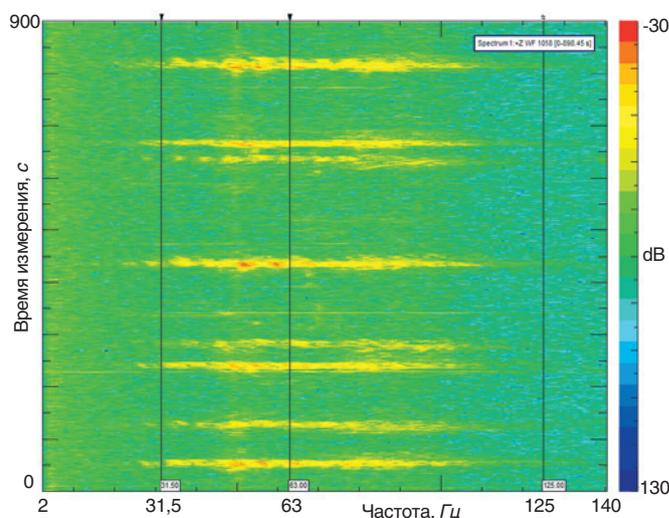


Рис. 1. Спектрограмма колебаний поверхности грунта над тоннелем метрополитена

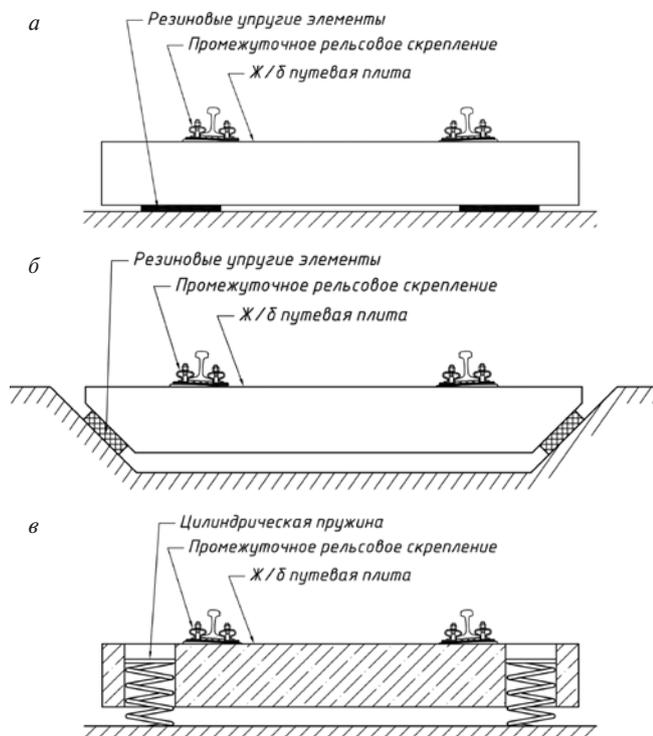


Рис. 2. Эксплуатирующиеся на Московском метрополитене конструкции: а – резиновые упругие элементы прямоугольной формы, уложенные под железобетонными блоками («лотками»); б – резиновые элементы располагаются под наклонными боковыми поверхностями лотков с типовой рельсошпальной решеткой; в – система «масса-пружина»

поездов метрополитена, носит непостоянный прерывистый характер с выраженным преобладанием сигнала в полосе частот 22,5–90 Гц (как показано на результатах измерений, рис. 1) и повторяется с периодом, определяемым графиком движения поездов метрополитена.

В настоящее время оценку вибрации от движения поездов метрополитена в помещениях жилых и общественных зданий, расположенных вблизи тоннелей, проводят на основании сопоставления рассчитанных или измеренных в помещениях уровней вибрации с требованиями федеральных санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы». Санитарные нормы и правила являются обязательными к применению на территории РФ в соответствии с положениями Федерального закона № 52-ФЗ от 30.03.1999 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». В СН 2.2.4/2.1.8.566–96 в качестве нормируемого параметра непостоянной вибрации принято эквивалентное скорректированное значение виброскорости  $\dot{V}_{ЭКВ}$  или виброускорения  $\ddot{a}_{ЭКВ}$  или их логарифмические уровни  $L_{\dot{V}_{ЭКВ}}$ ,  $L_{\ddot{a}_{ЭКВ}}$  в дБ. В соответствии с положениями федеральных СП 120.13330.2012 «Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02–2003 (с Изменениями № 1, 2)», 52-ФЗ, 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и ведомственных нормативных документов факт превышения требований СН приводит к необходимости разработки технических решений по их снижению.

Наиболее эффективным способом снижения вибрации в помещениях жилых и общественных зданий, попадающих в зону влияния линий метрополитена, является виброизоляция «в источнике» [8, 9], т. е. в тоннеле метрополитена

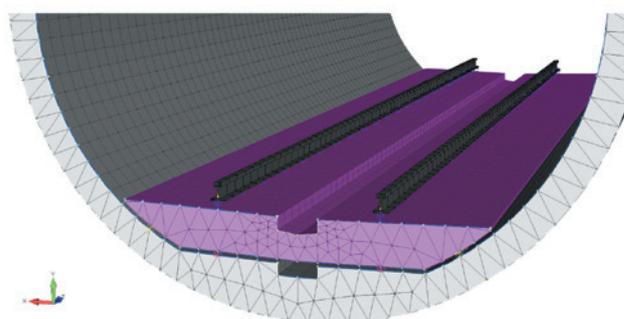


Рис. 3. Поперечник тоннеля с СМП

с применением системы «масса-пружина» (СМП), конструкция которой предполагает размещение рельсошпальной решетки на поверхности железобетонной путевой плиты, которая опирается на тоннельную обделку через набор упругих вибродемпфирующих элементов. За счет высокой массы конструкции и низкой жесткости упругих элементов эффективность виброизоляции достигает 30 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 31,5 Гц [10].

СМП эксплуатируется на различных участках Московского метрополитена с 1977 г. по настоящее время. На рис. 2, а представлена конструкция пути, эксплуатирующаяся с 1977 г. на перегоне ст. «Ботанический сад» – ст. «Свиблово», разработанная по проекту Метрогипротранса [11]. В ней резиновые упругие элементы прямоугольной формы, уложенные под железобетонными блоками (лотками), работают только на вертикальную нагрузку. На этих лотках устраивается типовое верхнее строение пути с деревянными шпалами, втопленными в бетон. В варианте, представленном на рис. 2, б, резиновые элементы располагаются под наклонными боковыми поверхностями лотков с типовой рельсошпальной решеткой [12]. В такой конструкции резиновые блоки работают не только на сжатие, но и на сдвиг. С 2005 г. на ст. «Деловой Центр» эксплуатируется система «масса-пружина» по рис. 2, в, состоящая из монолитной железобетонной плиты (класс бетона В35), покрытой гидроизоляционной пропиткой, в которой в качестве упругих элементов выступают пружинные виброизоляторы зарубежной фирмы. За счет применения низкочастотных виброизоляторов данная конструкция обладает наибольшей эффективностью (до 30 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 31,5 Гц). При этом прогиб конструкции при движении поезда не превышает 5 мм.

Основной сложностью, возникающей при эксплуатации и оценке реальной эффективности СМП, представленных на рис. 2, а, б, является неправильный учет динамической работы резинового упругого элемента [12], не учет потерь при старении материала, отсутствие аппарата для детального математического моделирования и автоматизированного проектирования конструкции ВСП.

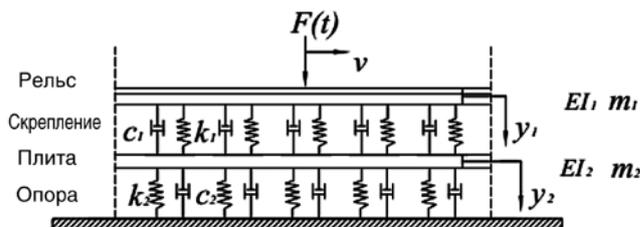


Рис. 4. Динамическая модель для расчета СМП

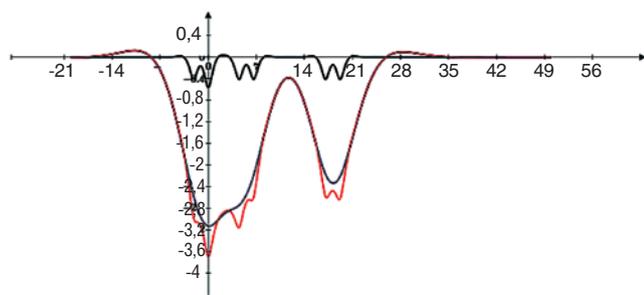


Рис. 5. Прогибы рельса, путевой плиты при движении поезда по СМП

Зарубежный опыт строительства СМП показывает, что в качестве упругого элемента в СМП все чаще применяются вибродемпфирующие материалы, выполненные из вспененного полиуретана [13, 14]. Основным показателем, характеризующим качество вибродемпфирующего эластомерного материала, является отношение между статической  $k_{\text{stat}}$  и динамической  $k_{\text{dyn}}$  жесткостью. Статическая жесткость определяет прогибы СМП под постоянными и временными нагрузками, динамическая – эффективность виброизоляции. Известно [15], что жесткость эластомерных материалов повышается с увеличением частоты внешнего динамического воздействия. Для резин отношение  $k_{\text{dyn}}/k_{\text{stat}}$  лежит в пределах 1,5 – 2,5, в то время как для вспененного полиуретана – около 1,3, что убедительно свидетельствует о более высокой эффективности СМП [10].

В качестве путевой плиты в СМП применяют монолитную или сборную железобетонную конструкцию, жесткость которой учитывается в динамическом расчете. В случае если изгибающий момент в плите не превышает момента трещинообразования, жесткость можно принять линейной в диапазоне нагрузок на плиту. При этом для оценки долговечности конструкции необходимо учитывать историю нагружения и эффекты старения материалов.

На рис. 3 представлена конечно-элементная модель тоннеля с СМП, проектируемой в настоящее время на десятом этапе Кожуховской линии.

На основании выполненного в соответствии с методикой СП 23-105–2004 «Оценка вибрации при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена» прогноза уровней вибрации в жилых и общественных зданиях, расположенных вблизи линии, определены участки, требующие устройства виброзащитной конструкции ВСП с заданной эффективностью. Расчет показал, что при собственной частоте виброзащитной системы в 12 Гц и массе в 3 т/м будет обеспечено выполнение требований СН в зданиях. Последовательность расчета системы итерационная, учитывает, как статические, так и динамические характеристики используемых материалов с учетом их старения в процессе длительной эксплуатации.

Статический расчет и расчет армирования выполнены в соответствии с действующим СП 63.13330 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01–2003 (с Изменениями № 1, 2, 3)» с учетом положений СП 35.13330 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84\* (с Изменением № 1)». Расчетная схема для определения требуемых динамических характеристик вибродемпфирующих материалов представлена на рис. 4, в которой как

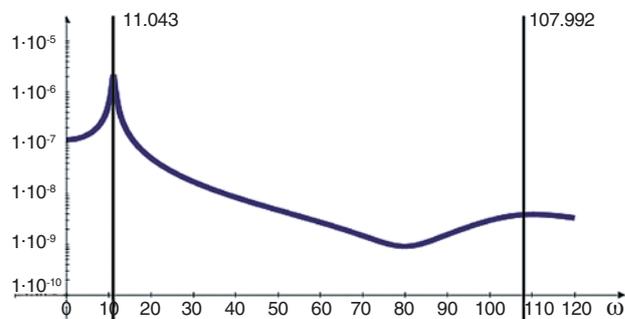


Рис. 6. Передаточная характеристика СМП

рельсы, так и путевая плита моделируются бесконечной балкой на упругом основании [16, 17].

Уравнение колебаний рельса и путевой плиты может быть записано в виде:

$$EI_1 \frac{\partial^4 y_1}{\partial x^4} + m_1 \frac{\partial^2 y_1}{\partial x^2} + k_1 (y_1 - y_2) + c_1 \left( \frac{\partial y_1}{\partial t} - \frac{\partial y_2}{\partial t} \right) = F(x, t); \quad (1)$$

$$EI_2 \frac{\partial^4 y_2}{\partial x^4} + m_2 \frac{\partial^2 y_2}{\partial x^2} + k_2 y_2 - k_1 (y_1 - y_2) + c_2 \frac{\partial y_2}{\partial t} - c_1 \left( \frac{\partial y_1}{\partial t} - \frac{\partial y_2}{\partial t} \right) = 0,$$

где  $EI_1$  и  $EI_2$  – изгибная жесткость рельса и путевой плиты;  $m_1$ ,  $m_2$  – массы рельса и путевой плиты;  $k_1$ ,  $k_2$  – жесткость подрельсовых прокладок и вибродемпфирующих матов;  $c_1$ ,  $c_2$  – демпфирование подрельсовых прокладок и вибродемпфирующих матов;  $F(x, t) = e^{i\omega t} \delta(x - vt)$  – единичная гармоническая подвижная нагрузка на рельс от колеса поезда.

На основании проведенного расчета по формуле (1) с учетом требований СП 35.13330 определены прогибы рельсового пути при движении поезда метро, которые представлены на рис. 5.

Максимальные прогибы рельса под нагрузкой от поезда не превышают 0,42 мм, как показано черной линией на рис. 5; прогибы плиты – 3,18 мм, как показано синей линией на рис. 5.

Сглаженная передаточная функция системы, представленная на рис. 6, получена по результатам динамического расчета по формуле (1). В ней отмечается наличие двух резонансов, первый из которых соответствует колебаниям системы как жесткого тела и характеризует виброзащитную эффективность конструкции, которая составляет не менее 17,2 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 31,5 Гц.

Виброзащитная конструкция ВСП по системе «масса-пружина» является наиболее эффективной с точки зрения снижения вибрации, вызванной движением поездов метрополитена, обеспечивает высокие эксплуатационные показатели (постоянство геометрии рельсовой колеи, минимизация эксплуатационных затрат по текущему содержанию и ремонту) и длительный срок службы. Представленный комплекс расчетов и натурных измерений, подкрепляемый опытом лабораторных испытаний вибродемпфирующих материалов, позволяет гарантировать эффективную работу виброзащитной конструкции ВСП по системе «масса-пружина» в широком диапазоне нагрузок от подвижного состава и снизить вибрацию в помещениях жилых и общественных зданий, расположенных вблизи линии метрополитена, до нормативных значений.

## Список литературы

1. Smirnov V., Tsukernikov I. To the Question of Vibration Levels Prediction Inside Residential Buildings Caused by Underground Traffic // *Procedia Engineering*. 2017. № 176, pp. 371–380.
2. Смирнов В.А., Филиппова П.А., Цукерников И.Е. Анализ вибраций в жилом здании, находящемся в технической зоне метрополитена // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2017. № 3 (19). С. 87–95.
3. Смирнов В.А., Цукерников И.Е. Экспериментальные исследования уровней вибрации перекрытий жилых зданий, вызванных движением поездов метрополитена // *Строительство и реконструкция*. 2016. № 4 (66). С. 85–92.
4. Руднева Е.А. Анализ результатов измерений уровней вибрации в жилых домах при движении поездов метрополитена, выполненных специалистами ФБЦЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в г. Москве в период с 2014 по 2017 г.». Сборник материалов международной научно-практической конференции «Проблемы экологической безопасности, энергосбережение в строительстве и ЖКХ». Москва – Кавала. 2017. С. 22–26.
5. Sheng X., Jones C.J.C., Thompson D.J. A theoretical study of the influence of the track on train-induced ground vibration // *Journal of Sound and Vibration*. 2004. № 272 (3–5), pp. 909–936.
6. Sheng X., Jones C.J.C., Thompson D.J. A theoretical model for ground vibration from trains generated by vertical track irregularities // *Journal of Sound and Vibration*. 2004. № 272 (3–5), pp. 937–965.
7. Kaewunruen Sakdirat & Aikawa, Akira & Remennikov, Alex. Vibration Attenuation at Rail Joints through under Sleeper Pads // *Procedia Engineering*. 2017. № 189, pp. 193-198.
8. Dudkin E.P.; Andreeva L.A.; Sultanov N.N. Methods of Noise and Vibration Protection on Urban Rail Transport // *Procedia Engineering*. 2017. № 189, pp. 829-835.
9. Talbot Hunt. Isolation of Buildings from Rail-Tunnel Vibration: a Review // *Building Acoustics*. 2003. № 10, pp. 177–192.
10. Смирнов В.А. Новые виброзащитные конструкции верхнего строения пути // *Евразия-вести*. 2018. № 4. С. 21.
11. Горст А., Дорман И., Богомолов Г., Муромцев Ю. Виброизолированная конструкция нижнего строения пути // *Метрострой*. 1981. № 2. С. 13–15.
12. Барабосин В.Ф. Основные параметры новой конструкции пути метрополитенов с повышенными виброзащитными свойствами // *Труды ВНИИЖТ*. 1981. № 630. С. 26–53.
13. Gerber T., Hengelmann A., Laborenz P., Rubi T., Trovato M., Ziegler A. Feste Fahrbahn mit Erschütterungs- und Körperschallschutz. Hrsg.: Der Eisenbahningenieur // *Eurailpress*, Hamburg März. 2012, pp. 27–32.
14. Berger P.; Lang J.; Österreicher M.; Steinhauser P. Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gegen U-Bahn-Immissionen für den Wiener Musikverein // *Zement und Beton*. 2005. № 2, pp. 20–27.
15. Smith G. M., Bierman R. L., Zitek S. J. Determination of dynamic properties of elastomers over broad frequency range // *Experimental Mechanics*. 1983. Vol. 23, pp. 158–164.
16. Lombaert G., Degrande G., Vanhauwere B., Vandeborghht B., François S. The control of groundborne vibrations from railway traffic by means of continuous floating slabs // *Journal of Sound and Vibration*. 2006. № 297, pp. 946–961.
17. Ruge P., Birk C. A comparison of infinite Timoshenko and Euler–Bernoulli beam models on Winkler foundation in the frequency- and time-domain // *Journal of Sound and Vibration*. 2007. № 304, pp. 932–947.

## References

1. Smirnov V., Tsukernikov I. To the Question of Vibration Levels Prediction Inside Residential Buildings Caused by Underground Traffic. *Procedia Engineering*. 2017. No. 176, pp. 371–380.
2. Smirnov V.A., Filippova P.A., Tsukernikov I.Ye. Analysis of vibrations in a residential building located in the technical area of the subway. *Biosferная совместимость: chelovek, region, tekhnologii*. 2017. No. 3 (19), pp. 87–95. (In Russian).
3. Smirnov V.A., Tsukernikov I.Ye. Experimental studies of vibration levels of floors of residential buildings caused by the movement of underground trains. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2016. No. 4 (66). pp. 85–92. (In Russian).
4. Rudneva Ye.A. Analysis of the results of measurements of vibration levels in residential houses during the movement of metro trains carried out by the specialists of the FBTZS «Center for Hygiene and Epidemiology in Moscow between 2014 and 2017». *Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy ekologicheskoy bezopasnosti, energosberezheniye v stroitel'stve i ZHKKH»*. Moskva – Kavala. 2017, pp. 22–26. (In Russian).
5. Sheng X., Jones C.J.C., Thompson D.J. A theoretical study of the influence of the track on train-induced ground vibration. *Journal of Sound and Vibration*. 2004. No. 272 (3–5), pp. 909–936.
6. Sheng X., Jones C.J.C., Thompson D.J. A theoretical model for ground vibration from trains generated by vertical track irregularities. *Journal of Sound and Vibration*. 2004. No. 272 (3–5), pp. 937–965.
7. Kaewunruen, Sakdirat & Aikawa, Akira & Remennikov, Alex. Vibration Attenuation at Rail Joints through under Sleeper Pads. *Procedia Engineering*. 2017. No. 189, pp. 193-198.
8. Dudkin E.P.; Andreeva L.A.; Sultanov N.N. Methods of Noise and Vibration Protection on Urban Rail Transport. *Procedia Engineering*. 2017. No. 189, pp. 829–835.
9. Talbot Hunt. Isolation of Buildings from Rail-Tunnel Vibration: a Review. *Building Acoustics*. 2003. No. 10, pp. 177–192.
10. Smirnov V.A. New vibration isolation upper-track structures. *Yevraziya-vesti*. 2018. No. 4, pp. 21 (In Russian).
11. Gorst A., Dorman I., Bogomolov G., Muromtsev YU. Vibration isolation design of the lower track structure. *Metrostroy*. 1981. No. 2, pp. 13–15. (In Russian).
12. Baraboshin V.F. The main parameters of the new design of the metro routes with increased vibro-protective properties. *Trudy VNIIZHT*. 1981. No. 630, pp. 26–53. (In Russian).
13. Gerber T., Hengelmann A., Laborenz P., Rubi T., Trovato M., Ziegler A. Feste Fahrbahn mit Erschütterungs- und Körperschallschutz. Hrsg.: Der Eisenbahningenieur. *Eurailpress*, Hamburg März. 2012, pp.27–32.
14. Berger P.; Lang J.; Österreicher M.; Steinhauser P. Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen gegen U-Bahn-Immissionen für den Wiener Musikverein. *Zement und Beton*. 2005. No. 2, pp. 20–27.
15. Smith G. M., Bierman R. L., Zitek S. J. Determination of dynamic properties of elastomers over broad frequency range. *Experimental Mechanics*. 1983. Vol. 23, pp. 158–164.
16. Lombaert G., Degrande G., Vanhauwere B., Vandeborghht B., François S. The control of groundborne vibrations from railway traffic by means of continuous floating slabs. *Journal of Sound and Vibration*. 2006. No. 297, pp. 946–961.
17. Ruge P., Birk C. A comparison of infinite Timoshenko and Euler–Bernoulli beam models on Winkler foundation in the frequency- and time-domain. *Journal of Sound and Vibration*. 2007. No. 304, pp. 932–947.

УДК 691.771

Л.К. БОГОМОЛОВА, канд. хим. наук (lb102@rambler.ru),  
В.Д. ИЛЬНИЦКИЙ, инженер (eagle\_19@mail.ru)

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

## Метод ускоренной оценки долговечности алюминиевого профиля под действием климатических факторов

*Предложена методика ускоренной оценки долговечности алюминиевых профилей светопрозрачных ограждающих конструкций (СОК) для фасадного остекления под действием климатических факторов. Сущность методики заключается в проведении лабораторных испытаний циклическими воздействиями переменной положительной и отрицательной температуры, влажности, ультрафиолетового облучения, слабоагрессивных химических сред (растворов) и соляного тумана. Метод разработан с учетом требований ГОСТ 22233–2001 на профили прессованные из алюминиевых сплавов для светопрозрачных ограждающих конструкций. Установлены критерии оценки долговечности алюминиевых профилей по показателям: адгезия, цветовые характеристики по координатному методу, блеск, несущая способность зон соединения при сдвиге и поперечном растяжении, требования к проведению ускоренных испытаний, к испытательному оборудованию, к методам оценки результатов испытаний. На основании разработанной методики создан стандарт НИИСФ РААСН.*

**Ключевые слова:** алюминиевые профили, долговечность, методика испытаний, светопрозрачные ограждающие конструкции, климатические циклические воздействия, критерии оценки, стандарт.

**Для цитирования:** Богомолова Л.К., Ильницкий В.Д. Метод ускоренной оценки долговечности алюминиевого профиля под действием климатических факторов // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 36–39.

L.K. BOGOMOLOVA, Candidate of Sciences (Chemistry) (lb102@rambler.ru), V.D. ILNITSKY, Engineer (eagle\_19@mail.ru)  
Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences  
(21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

### Method of Accelerated Evaluation of Durability of Aluminum Profile under the Influence of Climatic Factors

The method of accelerated evaluation of durability of aluminum profiles of translucent enclosing structures (TES) for facade glazing under the influence of climatic factors is proposed. The essence of the method is to conduct laboratory tests with cyclic effects of variable positive and negative temperatures, humidity, ultraviolet radiation, poorly aggressive chemical media (solutions), and salt fog. The method is developed with due regard for the requirements of GOST 22233–2001 on profiles pressed from aluminum alloys for translucent enclosing structures. The criteria for assessing the durability of aluminum profiles in terms of adhesion, color characteristics by the coordinate method, gloss, bearing capacity of the connection zones at shear and transverse tension, the requirements for accelerated testing, testing equipment, methods for evaluation of test results are established. On the basis of the developed method, the standard of NIISF RAACN was created.

**Keywords:** aluminium profiles, durability, test procedure, translucent enclosing structures, climatic cyclic impacts, criteria of assessment, standard.

**For citation:** Bogomolova L.K., Ilnitsky V.D. Method of accelerated evaluation of durability of aluminum profile under the influence of climatic factors. *Zhiliishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6, pp. 36–39. (In Russian).

Современное высотное строительство стремительно меняет облик городов России. В последние годы в значительных объемах возводятся новые объекты, которые ранее лишь в единичных экземплярах появлялись в отечественном строительстве: административные здания, офисные центры, торговые центры, автомобильные салоны, рынки, торгово-развлекательные комплексы, элитные жилые комплексы, коттеджи, выставочные комплексы, аэропорты и другие виды зданий и сооружений [1–7].

При огромном разнообразии отечественных и зарубежных строительных материалов и конструкций необходимость жесткого подхода к их качеству и долговечности назревала уже давно, появилась необходимость в методиках испытаний на долговечность.

Алюминиевые светопрозрачные ограждающие конструкции широко применимы как в жилищном строительстве, так и в строительстве промышленных объектов.

В настоящее время качество алюминиевых профильных систем регулируется рядом нормативных документов: СНиП 2.03.06–85 «Алюминиевые конструкции», ГОСТ 22233–2001 «Профили прессованные из алюминиевых сплавов для светопрозрачных ограждающих конструкций», ГОСТ 21519–2003 «Блоки оконные из алюминиевых сплавов. Технические условия».

Обзор литературы по отечественной и зарубежной нормативно-технической документации на долговечность алюминиевых профилей показывает, что нормы или методы для испытаний на долговечность алюминиевых профилей в строительстве отсутствуют.

В испытательной лаборатории №10–2 «Стройполимертест» НИИСФ РААСН накоплен большой опыт по оценке эксплуатационных свойств и долговечности различных элементов светопрозрачных ограждающих конструкций фасадных систем. В связи с этим лаборатория в 2010 г. начала

разработку методик по определению долговечности таких элементов светопрозрачных ограждающих конструкций (СОК), как герметики, уплотнительные прокладки и алюминиевые профили [8, 9].

НИИСФ РААСН в качестве одного из ведущих научно-исследовательских институтов и экспертно-базового центра России принимает участие в решении проблем строительной физики, долговечности и экологии строительной продукции при возведении уникальных высотных зданий международного делового центра «Москва-Сити» (Москва) и общественно-делового центра «Лахта» (Санкт-Петербург).

В лаборатории «Стройполимертест» НИИСФ РААСН испытаны более 45 алюминиевых профилей разных типов известных фирм, таких как ООО «Юанда Фасад» (Китай), ООО «Йозеф Гартнер» (Германия) и Permasteelisa (Италия), для строительства высотных зданий в Москве и Санкт-Петербурге. Специалистами НИИСФ РААСН разрабатывается методика мониторинга СОК, базирующаяся на российской нормативно-строительной базе и специально разработанных методах испытаний. Работы ведутся по следующим основным направлениям: теплофизические характеристики конструкции, воздухопроницаемость элементов конструкции при возведении здания; акустические характеристики конструкции; долговечность элементов конструкции [10–12].

Разработанная в лаборатории «Стройполимертест» методика определения долговечности алюминиевых профилей для светопрозрачных ограждающих конструкций под воздействием климатических факторов распространяется на профили пресованные из алюминиевых сплавов для светопрозрачных ограждающих конструкций зданий и сооружений по ГОСТ 22233–2001, эксплуатируемые на всей территории РФ, исключая северную строительно-климатическую зону по СНиП 2.01.01–82 «Строительная климатология и геофизика» и ГОСТ 16350–80 «Климат СССР. Районирование и статические параметры климатических факторов для технических целей» и устанавливает метод испытания на стойкость к старению под воздействием искусственных климатических факторов.

В задачу разработки методики входят развитие положений СП «Конструкции фасадные светопрозрачные зданий и сооружений. Правила проектирования и устройства», СП 118.13330.2012 «СНиП 31-06–2009 «Общественные здания и сооружения».

В атмосферных условиях материалы подвергаются воздействию различных агрессивных факторов: повышенной температуры, солнечного облучения, влажности, холода, знакопеременной температуры, химических реагентов (соляной туман, кислотные дожди, щелочные растворы в составе моющих средств и т. д.).

Для ускоренной оценки долговечности материалов, базирующейся на механизмах их старения, авторы предлагают использование лабораторных методов, основанных на оценке изменения значений характерных показателей старения под воздействием циклических нагрузок, имитирующих влияние различных климатических факторов при эксплуатации, в отличие от длительных натуральных испытаний, принятых за рубежом.

Сущность этого метода заключается в проведении ускоренных лабораторных испытаний циклическими воздействиями переменной положительной и отрицательной температуры, влажности, ультрафиолетового облучения

и слабоагрессивных химических сред (растворов, соляного тумана).

Одним из важных моментов при определении долговечности алюминиевых профилей является задача сохранения целостности лакокрасочного покрытия, а также несущей способности термовставок. Эти требования были учтены при разработке данной методики оценки долговечности алюминиевых профилей под действием климатических факторов.

Основные физико-механические показатели для комбинированных профилей следующие: несущая способность при сдвиге; несущая способность при поперечном растяжении; цвет защитно-декоративного покрытия; блеск; адгезия; коррозионная стойкость, тест МАХА; толщина лакокрасочного покрытия.

При проведении анализа способов окрашивания алюминиевого профиля отмечены преимущества порошкового покрытия как способа предотвращения коррозии металла. На основании литературных данных сделан вывод о том, что основной причиной выхода алюминиевых профилей из строя является нарушение целостности лакокрасочного покрытия и несущей способности термовставок при сдвиге и растяжении.

С учетом особенностей старения алюминиевых профилей под действием климатических факторов и существующей нормативной документации были установлены характерные критерии оценки долговечности алюминиевых профилей, такие как адгезия, цвет и толщина защитно-декоративного покрытия, несущая способность при сдвиге и при поперечном растяжении, коррозионная стойкость (тест МАХА). Также рассмотрены требования к организации и проведению ускоренных испытаний, испытательному оборудованию, испытываемым образцам, критериям и методам оценки результатов испытаний.

Критерием оценки результатов испытаний алюминиевых профилей является снижение значений основных физико-механических характеристик изделий после заданного числа циклов испытаний.

В качестве характерных критериев оценки долговечности алюминиевых профилей приняты следующие физико-механические показатели и их изменения в процессе ускоренного старения (табл. 1).

**Таблица 1**  
Критерии оценки долговечности алюминиевых профилей

Наименование показателя	Норма по изменению показателя через	
	24 цикла (20 УГЭ) <sup>1</sup>	48 циклов (40 УГЭ) <sup>1</sup>
Адгезия, балл	Не более 1	
Цветовые характеристики по координатному методу	Не выше предельных отклонений $L^* \leq 5,5$ ; $a^* \leq 0,8$ ; $b^* \leq 3,5$	
Блеск, %	Не выше 50% от исходной величины	
Несущая способность зон соединения при сдвиге, Н/мм	Не более 20% от исходной величины	Не более 30% от исходной величины
Несущая способность зон соединения при поперечном растяжении, Н/мм	Не более 20% от исходной величины	Не более 30% от исходной величины
Коррозионная стойкость к действию соляного тумана (тест МАХА), ч	Глубина проникновения коррозии, не выше 0,5 мм по обе стороны насечки, 48 ч	Глубина проникновения коррозии, не выше 0,5 мм по обе стороны насечки, 48 ч

**Примечание.** <sup>1</sup> УГЭ – условный год эксплуатации.

Испытания алюминиевых профилей состоят из двух этапов:

- контрольные испытания с целью установления фактических физико-механических характеристик профилей;
- испытания после воздействия климатических факторов.

Испытания на воздействие климатических факторов проводят по режиму, приведенному в табл. 2.

**Режим циклических воздействий**

Вид испытаний и продолжительность						
Воздействие соляного тумана, ч	Высушивание, ч	УФ-облучение, ч	Орошение щелочным раствором, ч	Замораживание, ч	Оттаивание, ч	Орошение кислотным раствором, ч
12	3	3	0,5	2,5	1	0,5

**Таблица 2**

Определение адгезии проводят по ГОСТ 15140–78.

Определение цветовых характеристик поверхности профиля проводят по координатному методу с помощью портативного цветоизмерительного прибора «Минольта CM-508d» (Япония).

Данные выводятся на экран дисплея в виде абсолютных значений: L\*, a\*, b\* и/или цветовых различий: ΔL\*, Δa\*, Δb\*, ΔE\*.

На основании экспериментальных данных по определению цветовых характеристик профилей, прессованных из алюминиевых сплавов, установлены номинальные значения цветовых характеристик, приведенные в табл. 3.

Определение блеска проводят по ГОСТ 896–69.

Определение несущей способности зон соединения при сдвиге и несущей способности зон соединения при попережном растяжении проводят по ГОСТ 22233–2001.

Определение коррозионной стойкости к действию соляного тумана (тест МАХА) проводят по ГОСТ 22233–2001.

При проведении испытаний по оценке долговечности алюминиевых профилей использовано современное испытательное оборудование и средства измерения, прошедшие поверку в «Ростест-Москва»: аппарат искусственной погоды (АИП) с ксенонным излучателем по ГОСТ 23750–79; криокамера с регулировкой температуры в диапазоне от -60 до 23°C с погрешностью измерения 2°C; машина универсальная испытательная серии Zwick/Roell Z005 фирмы Zwick GmbH & Co. KG (Германия), предназначенная для измерения различных строительных материалов на растяжение, сжатие и изгиб; толщиномер цифровой покрытий Elkometr 456 (Англия).

Общая продолжительность испытания, равная 22,5 ч, принимается за 1 цикл. 12 циклов испытаний приравнивают к 10 УГЭ.

После 24 и 48 циклов климатических испытаний, что соответствует 20 и 40 УГЭ, определяют физико-механические свойства.

Оценку результатов определения долговечности профилей под действием искусственных климатических факторов проводят путем сравнения значений каждого характерного показателя, полученного после проведения испытаний с результатами контрольных испытаний.

### Список литературы

1. Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Новое поколение энергоэффективных вентилируемых светопрозрачных фасадных конструкций с активной рекуперацией теплового потока // *Жилищное строительство*. 2015. № 1. С. 18–23.
2. Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Новые решения для светопрозрачных конструкций // *Светотехника*. 2015. № 2. С. 51–56.
3. Бузало Н.А., Царитова Н.Т., Омаров З.М. Моделирование узлов основных несущих элементов многоэтажного здания с подвешенными этажами // *БСТ*. 2017. № 6 (994). С. 82–84.

**Таблица 3**

**Цветовые характеристики профилей**

Номинальные значения цветовых характеристик			Отклонения от номинальных значений, не должны превышать		
L*	a*	b*	L*	a*	b*
54,9	0,2	-0,2	±1	±0,2	±0,35

Изменение характерного показателя долговечности для образца  $Y_{отн}$ , %, вычисляют по формуле:

$$Y_{отн} = \frac{Y_{конт} - Y_{исп}}{Y_{конт}} \cdot 100,$$

где  $Y_{конт}$  – значение контрольного показателя;  $Y_{исп}$  – значение показателя после испытания.

Показатели, имеющие числовое выражение, вычисляют как среднее арифметическое значение всех испытанных образцов. Нормы по изменению характерных показателей долговечности в зависимости от количества циклов испытаний приведены в табл. 1.

На основе методики разработан СТО 02495359-3.001–2013 «Стандарт НИИСФ РААСН. Метод определения долговечности алюминиевых профилей светопрозрачных ограждающих конструкций под воздействием климатических факторов».

Таким образом, на основании большого опыта по определению эксплуатационных свойств алюминиевых профилей и оценке долговечности под действием климатических факторов различных элементов СОК для фасадных систем разработана методика оценки долговечности для алюминиевых профилей с учетом природно-климатических воздействий в условиях эксплуатации.

Установлены критерии оценки долговечности алюминиевых профилей, требования к проведению ускоренных испытаний, к испытательному оборудованию, к методам оценки результатов испытаний.

На основании разработанной методики создан СТО 02495359-3.001–2013 «Стандарт НИИСФ РААСН. Метод определения долговечности алюминиевых профилей для светопрозрачных ограждающих конструкций под воздействием климатических факторов».

### References

1. Akhmyarov T.A., Spiridonov A.V., Shubin I.L. New generation of the energy efficient ventilated translucent front designs with the fissile recuperation of a heat flux. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 1, pp. 18–23. (In Russian).
2. Akhmyarov T.A., Spiridonov A.V., Shubin I.L. New decisions for translucent designs. *Svetotekhnika*. 2015. No. 2, pp. 51–56. (In Russian).
3. Buzalo N.A., Tsaritova N.T., Omarov Z.M. Modeling of knots of the basic bearing elements of the multystoried building with the suspended floors. *BST*. 2017. No. 6 (994), pp. 82–84. (In Russian).

4. Орлова С.С., Алигаджиев Ш.Л. Светопрозрачные фасады в современном строительстве. *Тенденции развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Сборник трудов конференции*. Саратов. 2016. С. 181–184.
5. Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Энергоэффективные вентилируемые светопрозрачные и фасадные конструкции с активной рекуперацией теплового потока // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2015. № 7–8. С. 32–37.
6. Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Развитие светопрозрачных конструкций в России // *Светотехника*. 2017. № 3. С. 46–51.
7. Кирюханцев Е.Е., Фирсова Т.Ф., Мироненко Р.В., Ушаков В.А. Область применения алюминиевых остекленных перегородок в зданиях с атриумами // *Технологии техносферной безопасности*. 2015. № 3 (61). С. 47–51.
8. Третьяков В.И., Богомолова Л.К., Гузова Э.С. Физико-механические критерии оценки долговечности уплотнительных прокладок для оконных, дверных блоков и структурного остекления фасадов // *Строительство и реконструкция*. 2016. № 3 (65). С. 165–169.
9. Богомолова Л.К., Гузова Э.С., Ильницкий В.Д. О долговечности элементов светопрозрачных ограждающих конструкций для современных фасадных систем под действием климатических факторов // *Строительство и реконструкция*. 2017. № 3 (71). С. 112–120.
10. Гагарин В.Г., Широков С.А. Расчет температуры воздуха остекленной лоджии для определения энергосберегающего эффекта // *Строительство и реконструкция*. 2017. № 3 (71). С. 36–42.
11. Безруков А.Ю., Верховский А.А., Ройфе В.С. Техническое регулирование в области фасадных светопрозрачных конструкций // *Строительство и реконструкция*. 2016. № 3 (65). С. 96–101.
12. Гагарина О.Г., Коркина Е.В. Оценка теплоустойчивости ограждающих конструкций и помещений зданий частотным методом // *Строительство и реконструкция*. 2017. № 3 (71). С. 43–48.
4. Orlova S.S., Aligadzhiev Sh.L. Translucent facades in the modern construction. *Tendencies of development of construction, heatgas supply and power supply: Collection of works of a conference*. Saratov. 2016, pp. 181–184. (In Russian).
5. Akhmyarov T.A., Spiridonov A.V., Choubin I.L. The energy efficient ventilated translucent and front designs with the fissile recuperation of a heat flux. *Stroitelnye materialy, oborudovanye, tekhnologii XXI veka*. 2015. No. 7–8, pp. 32–37. (In Russian).
6. Spiridonov A.V., Choubin I.L. Development of translucent designs in Russia. *Svetotekhnika*. 2017. No. 3, pp. 46–51. (In Russian).
7. Kiryukhantsev E.E., Firsova T.F., Mironenko R.V., Ushakov V. A. A range of application of the aluminum glazed partitions in buildings with atriums. *Tekhnologii Tekhnosfernoi Besopasnosti*. 2015. No. 3 (61), pp. 47–51. (In Russian).
8. Tretiakov V.I., Bogomolova L.K., Guzova E.S. Physicomechanical criteria for evaluation of durability of sealing laying for window, door blocks and structural glazing of facades. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2016. No. 3 (65), pp. 165–169. (In Russian).
9. Bogomolova L.K., Guzova E.S., Ilitskii V.D. About durability of elements of the translucent protecting designs for modern front systems under the influence of climatic factors. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2017. No. 3 (71), pp. 112–120. (In Russian).
10. Gagarin V.G., Shirokov S.A. Calculation of air temperature of the glazed loggia for determination of energy saving effect. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2017. No. 3 (71), pp. 36–42. (In Russian).
11. Bezrukov A.Yu., Verkhovsky A.A., Roife V.S. Technical regulation in the field of front translucent designs. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2016. No. 3 (65), pp. 96–101. (In Russian).
12. Gagarin V.G., Korkina E.V. Assessment of thermal stability of the protecting designs and rooms of buildings by a frequency method. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2016. No. 3 (65), pp. 43–48. (In Russian).

**Агентство социально-экономического развития компания «АСЭРГРУПП»**

ПРОВОДИТ

**II Всероссийскую конференцию**

**«Объекты культурного наследия. Актуальные изменения 2018 г.»**

24 сентября 2018 г., Москва, Отель «Арапат Парк Хаятт»

**XIII Всероссийский конгресс**

**«Государственное регулирование градостроительства»**

16–17 октября 2018 г., Москва, Конгресс-центр ГК «Космос»

Организатор – компания «АСЭРГРУПП»

E-mail: [info@asergroup.ru](mailto:info@asergroup.ru)

Тел./факс: (495) 988-61-15, 971-56-81

<http://www.asergroup.ru>

УДК 72.03

Э.П. ЧЕРНЫШОВА<sup>1</sup>, канд. филос. наук (ch-elvira@bk.ru);  
И.Ю. НИКИШАЕВА<sup>2</sup>, инженер (nikishaeva\_96@mail.ru);  
В.Е. ЧЕРНЫШОВ<sup>3</sup>, студент (ch\_vlad99@mail.ru)

<sup>1</sup> Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (455000, г. Магнитогорск, ул. Урицкого, 11)

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский горный университет (199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2)

## Архитектурные пространства дохристианского периода

*Исследование посвящено изучению архитектурных пространств дохристианского периода. Проведен анализ эволюции на древнейших этапах развития человечества. Рассмотрено изменение организации поселений и городов в дохристианский период. Выполнен анализ развития древнегреческих храмов. Было определено, что в дохристианский период произошла эволюция человеческого миропонимания от растворения человечества в условиях природы в период древних поселений и городищ до противопоставления себя и мира в архаический период. Устройство поселений и городов, а также жилища и культовых сооружений рассмотрено с точки зрения символизма. Сделаны выводы об особенностях развития архитектурных пространств на древнейших этапах развития человечества. Практическая значимость научной статьи состоит в том, что результаты исследования могут быть использованы при анализе и проектировании современных архитектурных пространств.*

**Ключевые слова:** архитектурное пространство, человек, дохристианский период, символизм, эволюция, храм, город.

**Для цитирования:** Чернышова Э.П., Никишаева И.Ю., Чернышов В.Е. Архитектурные пространства дохристианского периода // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 40–43.

E.P. CHERNYSHOVA<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Philosophy) (ch-elvira@bk.ru)  
I.U. NIKISHAEVA<sup>2</sup>, engineer (nikishaeva\_96@mail.ru)  
V.E. CHERNYSHOV<sup>3</sup>, student (ch\_vlad99@mail.ru)

<sup>1</sup> Nosov Magnitogorsk State Technical University (11, st. Uritsky, Magnitogorsk, 455000, Russian Federation)

<sup>2</sup> Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences  
(21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

<sup>3</sup> Saint-Petersburg Mining University (2, 21 line, Vasilievsky Island, Saint-Petersburg, 199106, Russian Federation)

### Architectural Spaces of the Pre-Christian Period

The research is devoted to the architectural spaces study of the pre-Christian period. The analysis of their evolution at the most ancient stages of mankind development is carried out. The change in the organization of settlements and cities in the pre-Christian period is considered. The analysis of the development of ancient Greek temples is performed. It was determined that in the pre-Christian period the evolution of the human world outlook took place from the mankind dissolution in the nature conditions in the period of ancient settlements and sites of ancient settlements to the opposition of oneself and the world in the archaic period. The structure of settlements and cities, as well as dwellings and religious buildings is considered from the point of view of symbolism. Conclusions are drawn about the development features of architectural spaces at the most ancient stages of human development. The practical significance of the scientific article is that the results of the research can be used in the analysis and design of modern architectural spaces.

**Keywords:** architectural space, man, pre-Christian period, symbolism, evolution, temple, city.

**For citation:** Chernyshova E.P., Nikishaeva I.U., Chernyshov V.E. Architectural spaces of the pre-christian period *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6, pp. 40–43. (In Russian).

Свидетельства того, какие жилища были типичны для древнейшего этапа развития человека, указывают на создание типовых одноэтажных домов либо без окон и дверей (по типу пещеры), либо с небольшими окнами и открытыми проходами, которые занавешивались тканью, либо природными материалами. Подобные примитивные архитектурные сооружения связывались с недостаточным уровнем развитости практики возведения жилища, с недостаточным уровнем развитости умения добывать и обрабатывать строительные материалы [1]. Вместе с тем анализ представления подобных архитектурных пространств с позиций морфологии сооружений позволяет говорить о растворенности познания человека в природе,

о неразделимости и отсутствии очевидного противопоставления человеческого познания и природы: большинство древнейших поселений людей использовали в качестве жилища природные памятники – пещеры и ущелья, тем самым, не предпринимая попыток создать нечто отличное по своим характеристикам от символа хаоса.

Строения бронзового и железного веков в Европе при очевидном отсутствии естественных жилищ также во многом напоминают природные формы: покатые крыши, скругленные углы, что напрямую соответствует естественности природных форм. Отсюда наглядно демонстрируется и значение первых жилищ древних людей: неотделимость восприятия себя и окружающей природы, слитность че-

ловческого познания с познанием мировым, природным. Подобный пантеизм в архитектуре, по мнению Г. Грубе, напрямую связан с преобладающими идеями и убеждениями древних людей о том, что природа является матерью человечества, а также и его колыбелью, соответственно предпринимать попытки сознательного изменения древнейших мировых заповедей запретно и табуировано [2].

Наибольшей ценностью в понимании эволюции архитектурных пространств одновременно с развитием миропонимания и мировоззрения человека обладают сооружения архаики Древней Греции, Рима и Древнего Востока. Абстрагируясь от специфических черт изобразительного и строительного искусства, которые обнаруживались в структуре выделенных древних цивилизаций, символические черты представлялись посредством архитектурных пространств, являются едиными как для восточных сооружений, так и для древнегреческих сооружений.

К началу периода архаики Древняя Греция была представлена скоплением полисов или отдельных городов-государств. Структуре полиса соответствовало наличие своеобразного центра города, расходящихся от центра улиц и областей, застроенных жилыми домами, а также сооружений для укрепления города, которые были вынесены на границы полиса. Для подобной организации городов были типичны высокие уровни самосознания и самоотнесения отдельного жителя с целым городом [3]. В идейно-ценностной парадигме присутствовали ключевые идеалы, связанные с конкретными потребностями полиса, и жители прилагали усилия для того, чтобы совместным трудом повысить уровень комфортности и безопасности. В зависимости от места расположения, природно-климатических условий каждый полис обладал своими отличительными характеристиками, что напрямую отражалось и на различиях в мировоззрении жителей, в структуре религии и способов организации жизнедеятельности.

Отметим, что для славянского мира дохристианского периода разделение отдельных городов на своеобразные государства было также типично. Подобное зонирование напрямую связывало жителя отдельного города, во-первых, с категориями родственности и семьи, так как в условиях отдельного города-государства жило небольшое количество семей, и подчинялись они, как правило, старейшинам рода. Кроме того, городское пространство отдельного города-государства было подчинено идее строгого соблюдения иерархических ролей, предписанных социальными институтами, в первую очередь профессиональной занятостью предков, гендерными обязанностями мужчины и женщины и т. д. [4–5].

Подобная четкость и соподчиненность наиболее древним идейным и ценностным установкам напрямую зависела от необходимости выживания полиса или города в достаточном агрессивных окружающих условиях. Будучи наделенным самостоятельностью, каждый город обязан был содержать армию и оборонять себя во время набегов соседних племен. Соответственно, для этого требовался постоянно обновляемый генофонд, прирост рождаемости и понижение смертности. Все это призывало жителей отдельных городов-государств жить в соответствии со своими функциональными зонами в сооружениях преимущественно единого типа, для того чтобы избежать очевидного противопоставления в мировоззрениях и по-

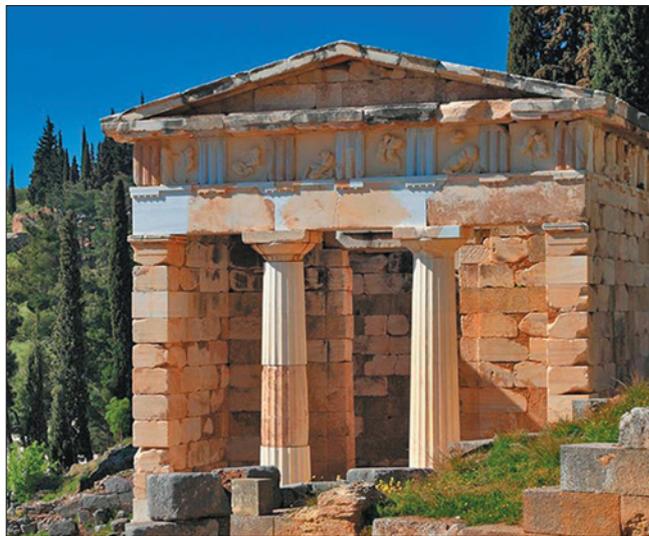


Рис. 1. Храм в антах, г. Дельфы

ступкам, что могло затруднить процесс дальнейшего развития города.

Большинство архитектурных сооружений дохристианского типа не было наделено очевидным символическим значением, за исключением культовых мест, в которых совершались обряды и проходили ритуалы. Религия в качестве одного из первых инструментов выделилась раньше всего как способ познания человеком окружающего мира и как способ помещения себя в условия этого мира на основании четких инструкций, которыми снабжали обществу жрецы и оракулы [6]. Соответственно, если жилища простых людей или обывателей города были лишены очевидного символизма вещей, то места совершения ритуалов – пещеры, алтари, а впоследствии и храмы содержали в себе богатый символический контекст. Те же проявления символизма, которые обнаруживались в жилищах простых людей в виде нанесения орнаментов, узоров, рисунков и т. д., были прямым следствием успешно функционирующего института религии в древнем мире.

Проанализируем эволюцию древнегреческих храмов как последовательный процесс развития миропонимания человека. Изначально наиболее простым храмом архаического периода был храм в антах (рис. 1), который представлял собой небольшое помещение (наос), открытое в сторону востока [7]. Между двумя актами, или боковыми стенами размещались две колонны.

Проанализировав конструкцию простейшего древнегреческого храма, можно выделить следующие символические значения, указывающие на особенности миропонимания древними греками мирового устройства. Открытые двери в сторону востока представляли собой своеобразную отправную точку всего сооружения на запад: т. е., востоку своеобразно предписывались ключевые черты невежества и хаоса, так как в той стороне были, непознанные территории, с которых зачастую приходили набег. Запад в направлении древнего храма указывал стремление к просвещению и свету, именно поэтому человек, входя в храм с восточной стороны, оказывался помещенным в западную сторону [8]. На символическом уровне это указывало на постепенное продвижение человеческого духа при единении с тем или иным божеством, близость к которому обеспечивала выход духа из мрака невежества и достижение просветления.

Включение в композицию храма двух колонн напрямую затрагивает архетип «вертикали», или «пути» от нижнего мира, в котором живут люди, к миру верхнему, божественному, в котором живут боги. Это еще одно символическое прочтение храма как места, где объединяются два мира и где человек может вознестись до неба, выстроив диалог с богом, которому был этот храм посвящен.

То что колонны занимали особенное место вначале в сооружениях ритуального типа, а также и в других культовых постройках древнего мира, указывает на особую значимость фаллического символа как архетипа «силы места», где перпендикуляр воспринимался древними греками как символ не только силы, но также плодородия, жизни, стремления к небесному миру, духовному совершенству и процветанию [2].

Этажные конструкции, которые стали появляться ближе к середине дохристианского периода в большинстве развитых цивилизаций, напрямую отражали совершенствование религии и представлений человека о небесном мире, земном мире и преисподней [9]. Применительно к самому человеку он находится в центре земного мира, в то время как сам земной мир представляет собой центр Вселенной. Соответственно, начиная с данного периода развивается центрированная планировка городов, которые начинают строиться вокруг святилищ или храмов.

Города начинают приобретать вертикальную структуру, где крыше или карнизу отводится понимание небосвода, самому зданию – понятие земного мира или столпа основания мира, а цоколю или подвалу – понятие подземного мира. Более того, подобная антропоцентрированная система архитектуры, в которой земной мир занимает срединное, центральное место, вокруг которого расположены другие, идеальные миры, стала распространяться далеко в другие века, при этом сохраняя на подсознательном уровне все представления древних людей. Возникновение страшных преданий и легенд, которыми пугали детей родители о живущих на чердаках и в подвалах мифических созданиях – прямой пример отражения того, что крыша и подвал сочетаются с миром максимально непознанным и неизвестным, в то время как основная часть дома – это защита, комфорт. Другими словами, жилые помещения между крышей и подвалом – это средоточие космоса, в то время как непознанные элементы мироздания есть не что иное, как хаос.

В период архаики очевидным становится явное противопоставление человеческого духа и природы. Если древнейшие поселения во многом повторяли естественные формы природы, обладали сглаженными углами напоподобие холмов и возвышенностей, то архитектурные сооружения архаического периода стали представлять форму, очевидно противопоставленную природному естеству. Подобное изменение наблюдается в стремлении поставить человека в центр Вселенной, в попытках человеческой мысли предписать конкретные места для каждого явления в мире, другими словами, упорядочить хаос. Одновременно с этим избавление от дисгармонии, ощущение отсутствия целостности мировосприятия волнует человека [10]. Уходя дальше от естественных для своей прежней среды обитания форм, он испытывает сложность в свободной ориентации в условиях природы. Это ведет к распространению все более сложных сооружений, к изготовлению орудий для защиты и для возделывания земли, к укреплению мест обитания.

Для того чтобы найти опору в сложном процессе ориентации в условиях комплексной системы мироздания, человек создает богов, которые, по его мнению, и управляют всем, что происходит на земле. Соответственно, появляется сеть алтарей и святилищ, которые первое время являются необитаемыми и люди появляются на их территории исключительно во время проведения ритуалов.

Именно поэтому древнейшим центром первых городищ и поселений были алтари и священные камни, вокруг которых строились жилища древних людей.

Далее с развитием религиозного учения и развитием разнообразных ремесел и культур ближе к центру стали селиться также и торговцы, ремесленники и другие люди, занимавшиеся практическим делом, которое облегчало и повышало комфортность жителей города.

Подобная иерархия организации города периода архаики напрямую связана с феноменом «культурного героя» [11]. Мифологическое понимание устройства мира, а также определенный анимизм и пантеизм, которые стали основаниями мировоззрения древнего человека, вырабатывали тех или иных героев, олицетворявших разнообразные ремесла и культуры. Ярким примером может быть, к примеру, покровитель всех ремесел Гефест (рис. 2), который вначале и сам был зодчим, создавшим олимпийские чертоги. Этот же бог впоследствии стал гончаром, а затем и кузнецом.

На примере подобной трансформации божественного покровителя очевидным становится освоение новых материалов: от строительства жилища (зодчий), доковки металла (кузнец). Будучи приближенными к божественному просвещению, представители данных ремесел располагались ближе к центру, т. е., ближе к священным алтарям и храмам, в то время как другие жители города: крестьяне, мелкие работники и т. д., селились ближе к окраинам.

Отметим, что подобная структура заселения города продолжала сохраняться также и в момент смены религии: средневековые европейские города содержали в себе центр, который был представлен храмом, рядом с ним находилась торговая площадь, на которой представители различных цехов и профессий предлагали свои услуги. При этом практика использования некоего божественного, идеального покровителя совершенно не изменилась: на встречу прежним богам пантеистического периода пришли святые-покровители, каждый из которых становится высшим идеалом развития того или иного ремесла [1]. Челядь и прочие мелкие работники, крестьяне, селились на окраине города либо были представлены в селах, которые окружали города.



Рис. 2. Бог Гефест. Статуя работы Торвальдсена, 1838

Классический и эллинистический периоды развития древнегреческой архитектуры также напрямую соотносены с эволюцией философских идей и концепций. Космос в форме упорядоченной красоты теперь противопоставлен хаосу, соответственно, архитектурные сооружения приобретают черты уравновешенности как богов, так природы и человека. На это указывают древнегреческие и римские виллы, которые в своем ландшафте сочетали не только строительный материал и четкие конструкции, выверенные геометрические формы, но также включали и естественные насаждения, искусственные водоемы, фонтаны, цветущие фруктовые сады и т. д. В устройство любого дорогого дома, а также ключевых и главных улиц и площадей римских и греческих городов, помимо «человеческого элемента», т. е. самих геометрических сооружений домов, также включались статуи и изображения богов как гостей из небесного мира и допускались естественные ландшафты, насаждения и организованные естественные и искусственные водоемы. Присутствие всех трех элементов мироздания указывало на попытку человеческого мировоззрения уравновесить природные, человеческие и божественные факторы, тем самым добившись гармонии.

Философское осмысление космической упорядоченности сооружений дохристианского периода напрямую было связано с символизмом числа, логичности замысла архитектурного сооружения, а также лаконичной

формой его представления. Отсюда гармония, пропорциональность, пластичность становились ключевыми опорами для организации архитектурного пространства не только в Древней Греции и Древнем Риме, но также и в Древнем Китае, Индии, Месопотамии и славянском мире.

Таким образом, было определено, что в дохристианский период произошла эволюция человеческого миропонимания от растворения человечества в условиях природы в период древних поселений и городищ до противопоставления себя и мира в архаический период, что привело, в итоге к гармоническому уравновешиванию человека, природы и небесного мира в классический и поздний дохристианский периоды. Символизмом были наделены этажи вертикальных сооружений, которые повторяли понимание устройства мира с помещением земного человеческого мира в центр Вселенной; планировка древних городов с такой же центрированной системой, где в центре располагался храм; рядом с ним – площади, населенные ремесленниками как служителями божеств-покровителей, затем шли другие слои населения. Символизм приобретали также количество колонн, количество ступеней лестницы в соответствии с развивающимися религиозными и философскими учениями о месте мира, о месте человека в этом мире. При этом, многие древние верования были заложены в основу архитектурных сооружений и дошли до современных дней, практически не изменив собственного содержания.

#### Список литературы

1. Павлов Н.Л. Архитектурное пространство: Зарождение. Становление. Развертывание // *Архитектура и строительство России*. 2016. № 3 (219). С. 60–67.
2. Грубе Г., Кучмар А. Путеводитель по архитектурным формам. М.: Наука, 2010. 327 с.
3. Араухо И. Пространство. Архитектурный дизайн. М.: Строй-сервис, 2016. 327 с.
4. Заборова Е.Н. Социология города и социология. Модернизация отечественной системы управления: анализ тенденций и прогноз развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции и XII–XIII Дридзевских чтений. Москва, 2014. С. 481–486.
5. Кононов И. Социология и проблемы пространственной организации общества // *Социология: теория, методы, маркетинг*. 2014. № 4. С. 57–78.
6. Иовлев В.И. Архитектура и бессознательное // *Известия вузов*. 2012. № 7. С. 67–72.
7. Хопкинс О. Визуальный словарь архитектуры. СПб.: Питер, 2013. 168 с.
8. Иконников А.В. Художественный язык архитектуры. М.: Строй-сервис, 2015. 174 с.
9. Забелинский Г.П. Архитектура и эмоциональный мир человека. М.: Познание, 2015. 208 с.
10. Давыдов А.А. Геометрия социального пространства // *Социологические исследования*. 2016. № 8. С. 96–98.
11. Фарелли Л. Фундаментальные основы архитектуры. М.: Тридэ Кукинг, 2011. 176 с.

#### References

1. Pavlov N.L. Architectural space: Origin. Formation. Deployment // *Arkhitectura i stroitel'stvo Rossii*. 2016. No. 3 (219), pp. 60–67. (In Russian).
2. Grube G., Kuchmar A. Putevoditel' po arkhitekturnym formam [Guide to architectural forms]. Moscow: Nauka, 2010. 327 p.
3. Araukho I. Prostranstvo. Arkhitekturnyy dizayn [Space. Architectural design]. Moscow: Stroy-servis, 2016. 327 p.
4. Zaborova E.N. Sociology of the city and sociology. Modernization of the national management system: analysis of trends and development forecast. Materials of the All-Russian scientific-practical conference and XII–XIII Dridzev readings. Moscow, 2014. pp. 481–486.
5. Kononov I. Sociology and problems of spatial organization of society // *Sotsiologiya: teoriya, metody, marketing*. 2014. No. 4. pp. 57–78. (In Russian).
6. Iovlev V.I. Architecture and the unconscious // *Izvestiya vuzov*. 2012. No. 7, pp. 67–72. (In Russian).
7. Khopkins O. Vizual'nyy slovar' arkhitektury [Visual dictionary of architecture]. Saint-Petersburg: Piter, 2013. 168 p.
8. Ikonnikov A.V. Khudozhestvennyy yazyk arkhitektury [The artistic language of architecture]. Moscow: Stroy-servis, 2015. 174 p.
9. Zabelianskiy G.P. Arkhitektura i emotsional'nyy mir cheloveka [Architecture and emotional world of man]. Moscow: Poznanie, 2015. 208 p.
10. Davydov A.A. The geometry of social space // *Sotsiologicheskie issledovaniya*. 2016. No. 8, pp. 96–98. (In Russian).
11. Farelli L. Fundamental'nye osnovy arkhitektury [The fundamental basis of architecture]. Moscow: Tride Kuking, 2011. 176 p.

УДК 534.836.2

В.А. АИСТОВ, инженер (vaistv@mail.ru)

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

## Оптимизация шумового режима многофункционального мультимодального транспортного узла «Сколково»

*Рассмотрены вопросы обеспечения акустически комфортных условий на территории и в зданиях инновационного центра «Сколково» в районе многофункционального мультимодального транспортного узла (ММТУ). Описаны основные источники воздействующего внешнего шума – автотранспортные потоки на Минском шоссе и потоки поездов на участке железной дороги Белорусского направления. Приведены их статистические шумовые характеристики по результатам натурных измерений в настоящий период времени и по результатам расчетов на перспективу. Определены расстояния от источников внешнего шума до границ зон акустического дискомфорта. Проанализированы результаты расчетов ожидаемых эквивалентных и максимальных уровней шума в расчетных точках на территории ММТУ и на фасадах 21-этажного здания бизнес-центра «Орбион», наиболее близкого к источникам внешнего шума и, следовательно, наиболее подверженного их неблагоприятному воздействию. Описан комплекс мероприятий, рекомендуемых для оптимизации шумового режима объектов ММТУ.*

**Ключевые слова:** транспортный узел, транспортный поток, шумовая характеристика, зона акустического дискомфорта, территория, здание, шумозащита, экран, шумозащитное окно, акустический комфорт.

**Для цитирования:** Аистов В.А. Оптимизация шумового режима многофункционального мультимодального транспортного узла «Сколково» // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 44–48.

V.A. AISTOV, Engineer (vaistv@mail.ru)

Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences  
(21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

### Optimization of Noise Mode of the Multifunctional Multimodal Transport Hub “Skolkovo”

Issues of providing acoustic comfort conditions on the territory and in buildings of the innovation center “Skolkovo” in the area of the multifunctional multimodal transport hub (MMTH) are considered. Main sources of the impacting external noise, road traffic flows on the Minsk highway and the flows of trains on the railway section of the Belarusian direction, are described. Their statistical noise characteristics based on the results of field measurements in the present period of time and the results of calculations for the future are presented. Distances from external noise sources to the boundaries of acoustic discomfort zones are determined. The results of calculations of the expected equivalent and maximum noise levels at the setting out points on the territory of the MMTH and on the facades of the 21-storey building of the business center «Orbion», the closest to the sources of external noise, and therefore the most exposed to their adverse effects, are analyzed. The set of measures recommended for optimization of the noise mode of MMTH objects is described.

**Keywords:** transport hub, transport flow, noise characteristic, zone of acoustic discomfort, territory, noise protection, screen, noise protection window, acoustic comfort.

**For citation:** Aistov V.A. Optimization of noise mode of the multifunctional multimodal transport hub “Skolkovo”. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6, pp. 44–48. (In Russian).

В настоящее время в Новой Москве строится современный научно-технологический инновационный центр «Сколково». В этом центре будут обеспечены особые экономические условия для компаний, работающих в приоритетных отраслях модернизации экономики России — телекоммуникационной, информационной, космической, энергетической, в областях биомедицинских и ядерных технологий и др.

В качестве центрального въезда на территорию инновационного центра «Сколково» спроектирован и в настоящее время строится многофункциональный мультимодальный транспортный узел (хаб) (ММТУ), расположенный на территории между 19-м км Минского шоссе и железнодорожной станцией Трехгорка Белорусского направления Московской

железнодорожной. Одновременно ММТУ станет главной инфраструктурной развязкой для Сколково.

ММТУ будет представлять собой систему зданий, сооружений и объектов транспортной инфраструктуры, расположенных на площади в 30 тыс. м<sup>2</sup>, способную принимать пассажиров любых видов наземного и подземного транспорта (см. рисунок).

Для передвижения пешеходов по всему комплексу и для связи между железнодорожными платформами, остановками общественного транспорта, деловыми и гостевыми зонами инновационного центра будет сооружен мост над железнодорожными путями и Минским шоссе длиной 400 м с крытой галереей. В пешеходных и транспортных зонах будут построены магазины, рестораны, кафе, сервисные



*Общий вид многофункционального мультимодального транспортного узла «Сколково» (проект)*

зоны, зоны отдыха, музыкальный театр и другие деловые и коммерческие объекты.

В проект ММТУ органично интегрированы бизнес-центр «Орбион», который будет расположен в современном 21-этажном здании в стиле хай-тек с оптимальными планировочными решениями, и другие высотные здания с деловыми и сервисными центрами.

В настоящее время одной из актуальных проблем как в нашей стране, так и в развитых странах является защита существующих и вновь строящихся жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений от повышенных уровней транспортного шума [1].

В связи с этим в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» одной из основных целей при проектировании и сооружении ММТУ является обеспечение экологически благоприятных условий для сотрудников и посетителей инновационного центра, в частности обеспечение благоприятного шумового режима на территории инновационного центра «Сколково» и в помещениях расположенных на этой территории офисных и торгово-развлекательных зданий.

Основными источниками внешнего шума, воздействующими на территорию инновационного центра «Сколково» и его проектируемую застройку, являются транспортные потоки на Минском шоссе в районе 19-го км и на железной дороге Белорусского направления в районе платформы Трехгорка.

Для оценки на соответствие санитарным нормам ожидаемого шумового режима на территории ММТУ и в офисах интегрированных в него зданий и для разработки мероприятий по шумозащите НИИСФ РААСН выполнил работу, в ходе которой необходимо было решить следующие задачи:

– провести натурные измерения шумовых характеристик автотранспортных потоков в районе 19-го км Минского шоссе и потоков поездов на участке Белорусской железной дороги в районе платформы Трехгорка;

– уточнить с учетом результатов натурных измерений расчетные формулы и определить по ним ожидаемые в перспективе шумовые характеристики автотранспортных и железнодорожных потоков;

– выполнить расчеты размеров зон акустического дискомфорта (зон сверхнормативного зашумления) от источников внешнего шума по состоянию на существующий период и на перспективу;

– определить ожидаемые уровни шума в характерных расчетных точках на территории ММТУ и на различных этажах в 2-х метрах от фасадов 21-этажного высотного здания бизнес-центра «Орбион», наиболее близкого к источникам внешнего шума; определить требуемую звукоизоляцию его наружного остекления;

– разработать рекомендации по шумозащитным мероприятиям, позволяющим оптимизировать шумовой режим на территории ММТУ и в помещениях относящейся к нему застройки.

Минское шоссе проходит в непосредственной близости от границы территории инновационного центра «Сколково» и поэтому оказывает наиболее сильное влияние на шумовой режим центра.

Для оценки шумовых характеристик автотранспортных потоков на Минском шоссе по состоянию на настоящее время были проведены в соответствии с [2] натурные измерения в районе строительства ММТУ.

Измерения проводились циклами по 1 ч с одновременной фиксацией количества, типа и скорости проезжающих автомобилей.

На основании натуральных наблюдений было установлено, что в час пик дневного времени интенсивность движения транспортного потока по шоссе составляет в настоящее время  $N_{\text{дн.}} = 5938 - 7565$  ед./ч суммарно в обоих направлениях. Доля грузовых автомобилей и автобусов в потоке составила  $P = 22,5 - 29,3\%$ , хотя большую часть времени она не превышала 27%. Средняя скорость потока находилась в пределах  $V = 60 - 70$  км/ч. В ночное время интенсивность движения уменьшается до  $N_{\text{н.}} = 3046 - 3880$  ед./ч.

На основании статистической обработки результатов измерений были определены 95%-ные доверительные интервалы [3] для шумовых характеристик автотранспортного потока на Минском шоссе:

– в дневное время  $L_{\text{А экв. дн.}}^{\text{наст. вр.}} = 80 \pm 1,2$  дБА;

– в ночное время  $L_{\text{А экв. н.}}^{\text{наст. вр.}} = 77,1 \pm 1,3$  дБА;

– максимальные уровни звука как в дневное, так и в ночное время были практически одинаковыми и составляли  $L_{\text{А макс.}}^{\text{наст. вр.}} = 89,1 \pm 1,8$  дБА.

Для дальнейшей оценки целесообразно было принять верхние границы доверительных интервалов как наиболее неблагоприятный вариант шумовой нагрузки. Тогда

$$L_{\text{А экв. дн.}}^{\text{наст. вр.}} \approx 81 \text{ дБА}, L_{\text{А экв. н.}}^{\text{наст. вр.}} \approx 78,5 \text{ дБА}, L_{\text{А макс.}}^{\text{наст. вр.}} \approx 91 \text{ дБА}.$$

На основании натуральных измерений уточнена также эмпирическая многократно проверенная на различных автодорогах формула для расчета шумовой характеристики автотранспортного потока [4]:

$$L_{\text{А экв.}} = 9,51 \lg N + 12,64 \lg V + 7,98 \lg(1+P) + \Delta, \text{ дБА}, \quad (1)$$

где  $N$  – интенсивность движения автотранспортного потока, ед./ч;  $P$  – суммарная доля в автотранспортном потоке грузовых автомобилей и автобусов, %;  $V$  – средняя скорость движения автотранспортного потока, км/ч;  $\Delta$  – поправочный член, дБА, зависящий от конкретных особенностей местных условий, не поддающихся аналитическому описанию и определяемых только эмпирически.

На основании сопоставления результатов натуральных измерений на Минском шоссе с результатами расчетов по формуле (1) для тех же исходных данных была определена величина поправки  $\Delta = 5,1$  дБА. Уточненная формула (1) была использована для расчетов шумовых характеристик транспортных потоков на Минском шоссе на перспективу.

По многолетним наблюдениям, проводившимся в Московском регионе ГАУ «Институт Генплана Москвы» и ГУП МО «НИИПИ градостроительства», ежегодное увеличение интенсивности движения транспортных потоков составляет около 2% в год [5]. Поэтому можно считать, что в ближайшей перспективе к 2025 г. интенсивность движения по Минскому шоссе в час пик возрастет до  $N_{\text{дн. перс.}} = 9220$  ед./ч, а за наиболее шумный час ночного времени до  $N_{\text{н. перс.}} = 4730$  ед./ч.

Транспортный поток на шоссе не является строго стабильным, но меняется изо дня в день и по интенсивности, и по составу. Так как состав потока строго предсказать нельзя, то в соответствии с результатами натуральных измерений примем на перспективу долю грузовых автомобилей и автобусов несколько больше, чем в настоящее время:

$P_{\text{перс.}} = 30\%$ . Учитывая, что относительно недалеко от рассматриваемого места находятся транспортные развязки, скорость автотранспортного потока по Минскому шоссе в перспективе следует принять равной  $V_{\text{перс.}} = 70$  км/ч.

При этих условиях шумовая характеристика автотранспортного потока на Минском шоссе составит в перспективе в дневное время  $L_{\text{А экв. дн.}}^{\text{перс.}} = 81,7 \approx 82$  дБА, в ночное время  $L_{\text{А экв. н.}}^{\text{перс.}} = 78,8 \approx 79$  дБА.

При проектировании современных грузовых автомобилей конструкторы принимают определенные меры к снижению их шумности, поэтому можно считать, что в ближайшей перспективе не произойдет резкого возрастания шумности при их эксплуатации. Фактическое изменение максимального уровня шума является случайным, так как максимальный уровень шума определяется самым шумным автомобилем в потоке, а наличие такого автомобиля и время его проезда предсказать невозможно. Кроме того, максимальный уровень звука действует в течение небольшого промежутка времени – времени проезда самого шумного автомобиля в потоке. Поэтому максимальный уровень звука транспортного потока является вспомогательной, ориентировочной оценкой, дополнением к основной шумовой характеристике – эквивалентному уровню звука в дБА. Расчетный максимальный уровень звука транспортного потока оказался близким к максимальному уровню звука в настоящее время, т. е.  $L_{\text{А макс.}}^{\text{перс.}} = 91,5 \approx 92$  дБА.

Анализ шумовых характеристик автотранспортного потока показывает, что в перспективе шумовые характеристики (эквивалентный и максимальный уровни звука) транспортного потока на 19 км Минского шоссе возрастут как в дневное, так и в ночное время не более чем на 1 дБА. Это объясняется тем, что значительная часть транспорта отвлекается на Можайское шоссе и на дублер Минского шоссе – современную скоростную дорогу хорошего качества.

Тем не менее без принятия шумозащитных мер шумовое воздействие автотранспортного потока на Минском шоссе на прилегающую территорию и застройку в районе ММТУ будет значительным.

Другим значимым источником шума, воздействующим на рассматриваемую территорию в районе ММТУ «Сколково», является поток поездов различного типа (грузовые, пассажирские, пригородные электропоезда), а также скоростные аэроэкспрессы на Московско-Смоленском участке Белорусской железной дороги.

В настоящее время суточная интенсивность движения поездов на указанном участке Белорусской железной дороги составляет в сутки  $N_{\text{эл.}} = 116$  пар пригородных электропоездов,  $N_{\text{пасс.}} = 25$  пар пассажирских поездов,  $N_{\text{груз.}} = 4$  пары грузовых поездов,  $N_{\text{экс.}} = 4$  пары аэроэкспрессов.

Для оценки шумовых характеристик потоков отдельных типов поездов на Белорусской железной дороге в настоящее время были проведены натурные измерения в соответствии с [2]. Затем после статистической обработки результатов измерений по этим данным были рассчитаны 95%-ные доверительные интервалы для шумовых характеристик общего смешанного потока поездов в соответствии с [3]. Установлено, что для общего смешанного потока поездов эквивалентный уровень звука за 1 ч дневного времени равен  $L_{\text{А экв. пот. дн.}} = 73 \pm 1,7$  дБА, а за 1 ч ночного времени  $L_{\text{А экв. пот. н.}} = 71,5 \pm 1,5$  дБА. Максимальный уровень звука пото-

ков железнодорожных поездов составил в дневное и ночное время  $L_{A \text{ макс. пот.}} = 88 \pm 1,2$  дБА.

Для дальнейшей оценки целесообразно принять верхнюю границу доверительных интервалов. Тогда  $L_{A \text{ экв. пот. дн.}} = 73 + 1,7 \approx 75$  дБА,  $L_{A \text{ экв. пот. н.}} = 71,5 + 1,5 = 73$  дБА,  $L_{A \text{ макс. пот.}} = 88 \pm 1,2 \approx 89$  дБА.

В перспективе существенных изменений интенсивности железнодорожного движения, а следовательно, и шумовых характеристик потока поездов на данном участке не ожидается, так как пропускная способность железной дороги на данном перегоне уже в настоящее время близка к насыщению.

Знание шумовых характеристик и градостроительных факторов позволило с учетом [5, 6, 7] найти размеры  $R_{\text{гран. зоны}}$  акустического дискомфорта, т. е. зоны сверхнормативного шумления, вокруг Минского шоссе, а также вокруг рассматриваемого участка Белорусской железной дороги на основании следующего уравнения:

$$L_{A \text{ доп.}} = L_A - 10 \lg(R_{\text{гран.}}/R_0) - 0,005 R_{\text{гран.}} - 3 / (1,6 + 10^5 / R_{\text{гран.}}^2) - [4,8 - (H_{\text{и.ш.}} + H_{\text{р.т.}}) / R_{\text{гран.}} (17 + 300 / R_{\text{гран.}})], \text{ дБА}, \quad (2)$$

где  $L_{A \text{ доп.}}$  – допустимый эквивалентный или максимальный уровень звука для селитебных территорий в дневное или ночное время, 55 или 45 дБА соответственно [8];  $L_A$  – шумовая характеристика транспортного потока (эквивалентный или максимальный уровень звука) в дневное или ночное время, дБА;  $R_{\text{гран.}}$  – расстояние от акустического центра транспортного потока до границы санитарно-защитной зоны из условий дневного или ночного времени, м;  $R_0$  – опорное расстояние, на котором определяется шумовая характеристика (для автотранспортного потока  $R_0 = 7,5$  м; для потока железнодорожных поездов  $R_0 = 25$  м);  $H_{\text{и.ш.}}$  – высота акустического центра транспортного потока над уровнем территории, м;  $H_{\text{р.т.}}$  – высота расчетной точки над уровнем территории, м.

Расчеты показали, что в настоящее время зона акустического дискомфорта, рассчитанная по эквивалентным уровням звука, простирается от Минского шоссе в каждую сторону на расстояние  $R_{\text{гран. авт. дн.}} = 435$  м в дневное и на  $R_{\text{гран. авт. н.}} = 1075$  м в ночное время. При расчетах по максимальным уровням звука граничные расстояния составляют  $R_{\text{гран. авт. дн.}} = 250$  м для дневного времени и  $R_{\text{гран. авт. н.}} = 920$  м для ночного времени. Такая разница в граничных расстояниях связана прежде всего с тем, что ночная норма допустимого шума на 10 дБА более строгая, чем дневная [8].

В перспективе размеры зоны акустического дискомфорта вокруг Минского шоссе из условий эквивалентных уровней звука увеличатся до  $R_{\text{гран. авт. дн.}} = 500$  м в дневное и до  $R_{\text{гран. авт. н.}} = 1130$  м в ночное время. Эти значения принимаем в качестве окончательных размеров зоны акустического дискомфорта от Минского шоссе.

Размеры  $R_{\text{гран.}}$  зоны акустического дискомфорта вокруг Белорусской железной дороги, рассчитанные из условий эквивалентных уровней звука в соответствии с (2), составляют  $R_{\text{гран. жел. дн.}} = 395$  м в дневное время и  $R_{\text{гран. жел. н.}} = 1040$  м в ночное время. При расчетах из условий максимальных уровней звука граничные расстояния составляют соответственно  $R_{\text{гран. жел. дн.}} = 345$  м и  $R_{\text{гран. жел. н.}} = 1160$  м. Окончательно принимаем  $R_{\text{гран. жел. дн.}} = 395$  м для дневного времени и  $R_{\text{гран. жел. н.}} = 1160$  м для ночного времени. Такая разница в граничных расстояниях связана прежде всего с тем, что ноч-

ная норма допустимого шума на 10 дБА более строгая, чем дневная [8].

Значительные размеры зон акустического дискомфорта говорят о том, что без принятия шумозащитных мер территория ММТУ «Сколково» и расположенная на ней застройка окажутся в зоне сверхнормативного шума от Минского шоссе и от Белорусской железной дороги.

Расчеты в соответствии с [4] ожидаемых уровней шума в различных характерных точках на территории ММТУ и на разных высотах около фасадов высотного здания бизнес-центра «Орбион» показали, что превышения расчетных уровней шума над допустимыми уровнями шума составляют  $\Delta L_{A \text{ апрв.}} = 28-33$  дБА для расчетных точек, подвергающихся влиянию только Минского шоссе;  $\Delta L_{A \text{ прев.}} = 19-21$  дБА для расчетных точек, подвергающихся влиянию только Белорусской железной дороги;  $\Delta L_{A \text{ апрв.}} = 25-28$  дБА для промежуточных расчетных точек, подверженных одновременному влиянию обоих источников внешнего шума.

Таким образом, в настоящий период времени и на прогнозируемую перспективу рассматриваемая территория и застройка ММТУ «Сколково» имеют шумовой режим, не удовлетворяющий санитарным нормам.

Для защиты от шума помещений офисов, торговых и культурно-развлекательных объектов необходимо установить в них шумозащитные окна, снижающие шум не менее требуемой величины  $\Delta L_{A \text{ окно треб.}} = \Delta L_{A \text{ прев.}}$ . Так как при открывании окон для проветривания помещений значительно теряется шумозащитный эффект, то необходимо спроектировать в высотных офисных и других зданиях принудительную внутреннюю механическую систему вентиляции, а окна держать закрытыми.

Для обеспечения требуемой высокой звукоизолирующей способности окон офисных и других зданий может быть рекомендовано применение стеклопакета СПО 83И-15-13 СМЗК (фирма-изготовитель Baswell group, Сербия), состоящего из: наружного закаленного стекла толщиной 8 мм; воздушного промежутка 15 мм; стекла толщиной 6 мм; склеивающей прослойки толщиной 0,75 мм; стекла толщиной 6 мм. Индекс изоляции воздушного шума таким стеклопакетом составляет по результатам определения в измерительных камерах НИИСФ РААСН  $R_w = 42$  дБ, а с учетом членов спектральной адаптации  $C$  и  $C_{\text{тр}}$  по [9], дающих оценку звукоизоляции более близкую к натурным условиям,  $R_w + C = 42 + (-2) = 40$  дБ (для шума железнодорожного транспорта);  $R_w + C_{\text{тр}} = 42 + (-4) = 38$  дБ (для шума автомобильного транспорта), что позволяет обеспечить с большим запасом выполнение санитарных норм по шуму в помещениях офисов и в помещениях других зданий вблизи ММТУ с нормируемым шумовым режимом.

Для защиты от внешнего шума внутреннего пространства крытого мостового перехода ММТУ рекомендуется установить в его боковых ограждениях с обеих сторон вдоль всего перехода глухие металлические витражи с одинарным закаленным стеклом толщиной 7 мм. Обеспечиваемое ими снижение внешнего шума составляет  $\Delta L_A = 32$  дБА [10] при требуемом снижении  $\Delta L_{A \text{ атр.}} = 28$  дБА.

Расчеты показали, что сооружение экранов для защиты от шума Минского шоссе и от шума железной дороги даже при высоте экранов в  $H_{\text{экр.}} = 6$  м не обеспечивает полностью требуемого снижения шума на территории, а офисные здания будут защищены экранами не выше третьего этажа [4]. По расчету акустическая эффективность

экрана высотой  $H_{\text{экр.}} = 6$  м около Минского шоссе составляет  $\Delta L_{\text{экр.}} = 18$  дБА, для экрана около Белорусской железной дороги  $\Delta L_{\text{экр.}} = 22$  дБА при требуемом снижении внешнего шума  $\Delta L_{\text{треб.}} = 25$  дБА.

Увеличение высоты экрана свыше 6 м дает небольшой прирост эффективности, но вместе с тем значительно удорожает экран, предъявляет повышенные требования к его прочности и устойчивости [11]. Хотя экраны и не решают полностью проблему шумозащиты территории ММТУ, они могут значительно улучшить ее шумовой режим и, кроме того, бу-

дут являться наружными ограждениями территории. Вместе с тем на уровне территории ММТУ находятся пересадочные станции и остановки общественного транспорта, которые не относятся к объектам, требующим защиты от шума.

После окончательного сооружения ММТУ «Сколково» следует провести детальное обследование фактического шумового режима на его территории и в помещениях прилегающих зданий и разработать в случае необходимости дополнительные мероприятия по шумозащите для обеспечения полного акустического комфорта.

#### Список литературы

1. L.C. (Eelco) den Boer, A. (Arno) Schroten. Traffic noise reduction in Europe. Health effects, social costs and technical and policy options to reduce road and rail traffic noise. Report. Delft, August 2007. 70 p. DOI 07.4451.27.
2. ГОСТ 20444–2014. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. М.: Стандартинформ, 2015. 18 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математической статистики. М.: Юрайт. 2012. 480 с.
4. СП 276.1325800.2016. Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков. М.: Минстрой России, 2016. 85 с.
5. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения. М.: Росавтодор, 2003. 45 с.
6. D. Thompson. Railway noise and vibration: The use of appropriate models to solve practical problems. *International Congress on Sound and Vibration*. Beijing. 13–14 July 2014. Pp. 1–16.
7. Аистов В.А., Шубин И.Л., Николов Н.Д. Оценка влияния шума железнодорожных поездов на жилые территории и комплекс мероприятий по его снижению // *Academia. Архитектура и строительство*. 2009. № 5. С. 216–223.
8. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России. 1997. 20 с.
9. ГОСТ Р 56769-2015 (ИСО 717-1:2013). Здания и сооружения. Оценка звукоизоляции воздушного шума. М.: Стандартинформ. 2016. 20 с.
10. Справочник проектировщика. Защита от шума. М.: Стройиздат. 1993. 96 с.
11. Kotzen B., English C. Environmental noise barriers. A guide to their acoustic and visual design. London, New York: Taylor & Francis, 2009. 257 p.

#### References

1. L.C. (Eelco) den Boer, A. (Arno) Schroten. Traffic noise reduction in Europe. Health effects, social costs and technical and policy options to reduce road and rail traffic noise [Elec-tronic resource]. Report. Delft, August 2007. 70 p. DOI 07.4451.27.
2. GOST 20444–2014. Noise. Traffic flows. Methods of definition of the noise characteristic. Moscow: Standartinform. 2015. 18 p.
3. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostey i matematicheskoy statistiki [Probability theory and mathematical statistics]. Moscow: Yurayt. 2012. 480 p.
4. SP 276.1325800.2016. Buildings and territories. Rules of design of protection against noise of traffic flows. Moscow: Minstroy Rossii. 2016. 85 p.
5. Methodical recommendations about assessment of necessary decrease in a sound at settlements and to determination of the required acoustic efficiency of screens taking into account sound absorption. Moscow: Rosavtdor. 2003. 45 p.
6. D. Thompson. Railway noise and vibration: The use of appropriate models to solve practical problems. *International Congress on Sound and Vibration*. Beijing. 13–14 July 2014, pp. 1–16.
7. Aistov V.A., Shubin I.L., Nikolov N.D. Assessment of influence of noise of railway trains on residential territories and a complex of actions for his decrease. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*. 2009. No. 5, pp. 216–223. (In Russian).
8. Sanitarnye normy SN 2.2.4/2.1.8.562-96. Noise in workplaces, in rooms of residential, public buildings and in the territory of the housing estate. Moscow: Minzdrav Rossii. 1997. 20 p. (In Russian).
9. GOST R 56769-2015 (ISO 717-1:2013). Buildings and constructions. Assessment of sound insulation of air noise. Moscow: Standartinform. 2016. 20 p.
10. Spravochnik proektirovshchika. Zashchita ot shuma [Reference book by the designer. Protection against noise]. Moscow: Stroyizdat. 1993. 96 p.
11. B. Kotzen, C. English. Environmental noise barriers. A guide to their acoustic and visual design. London, New York: Taylor & Francis. 2009. 257 p.

Журнал «Жилищное строительство» индексируют:



УДК 728.03

И.С. РОДИОНОВСКАЯ, канд. архитектуры (RodiiS@yandex.ru),  
СЯ ЦИН, магистр архитектуры (xiaqing900520@mail.ru)

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

## Этническая специфика ландшафтно-рекреационного пространства в жилой среде Китая

*Современное субурбанистическое развитие городов Китая, связанное с формированием высотной и высокоплотной застройки с сокращением природных компонентов, сопровождается резким ухудшением экологического качества среды. В этих условиях остро необходимым является формирование полноценного рекреационного пространства для отдыха и досуга населения, причем в этностилистике Китая. Уделено внимание основным стилистическим аспектам организации эко-среды ландшафтно-рекреационных пространств, исторически сформировавшихся в Китае. Показано, что современные архитекторы должны обеспечить не только высокорациональное использование территории с учетом функционального назначения объекта и его планировочной структуры, особенностей доступности и пешеходного движения на территории, необходимо предусмотреть обоснованное включение в планировочную структуру территорий естественных природных компонентов и средств ландшафтного дизайна, которые существенно снижают отрицательные воздействия антропогенной среды и негативных природно-климатических условий (избыточной температуры, влажности, инсоляции, аэрации и т. д.). Формирование экополиса – основная задача современной архитектуры.*

**Ключевые слова:** субурбанизация, этноэкология, антропогенная среда, экополис, городской ландшафт, рекреационно-ландшафтная среда, китайский сад, экосреда, стилистика, китайский садовый дизайн, приемы композиции.

**Для цитирования:** Родионовская И.С., Цин Ся. Этническая специфика ландшафтно-рекреационного пространства в жилой среде Китая // *Жилищное строительство*. 2018. № 6. С. 49–55.

I.S. RODIONOVSKAYA, Candidate of Sciences (Engineering) (RodiiS@yandex.ru), XIA QING, master of architecture (xiaqing900520@mail.ru)  
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (26, Yaroslavskoye Highway, 129337, Moscow, Russian Federation)

### Ethnic Specificity of Landscape-Recreation Area in Living Environment of China

The present sub-urbanistic development of the cities of China connected with the formation of high-rise and high-density development with reducing natural components is accompanied by a sharp deterioration of the environmental ecological quality. Under these conditions, it is extremely necessary to create a full-fledged recreational space for recreation and leisure of the population, at that in the ethno-stylistic of China. Attention is paid to the main stylistic aspects of the organization of the eco-environment of landscape and recreational spaces, historically formed in China. It is shown that modern architects should provide not only the high-rational use of the territory with due regard for the functional purpose of the object and its planning structure, features of affordability and pedestrian movement on the territory, it is necessary to provide reasonable inclusion in the planning structure of the territories of natural components and means of landscape design which significantly reduce the negative impact of anthropogenic environment and negative nature-climatic conditions (excess temperature, humidity, insolation, aeration etc.). The formation of Ecopolis is the main task of modern architecture.

**Keywords:** suburbanization, ethno-ecology, anthropogenic environment, ecopolis, urban landscape, recreation-landscape environment, Chinese garden, eco-environment, stylistic, Chinese garden design, techniques of composition.

**For citation:** Rodionovskaya I.S., Qing Xia. Ethnic specificity of landscape-recreation area in living environment of China. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 6, pp. 49–55. (In Russian).

Формирование городского ландшафта как базового компонента среды жизни масс населения имеет большое значение для создания благоприятных условий, поскольку он обеспечивает рекреационные функции человека – физический и психологический отдых с восстановлением сил, а также эмоционально-духовный досуг. В настоящее время формирование полноценной рекреационной среды в крупных городах выступает как острая социальная проблема.

Современная ситуация закономерна: повышение роли городов в социально-экономическом развитии общества бесспорно. Поэтому основной вектор их развития – дальнейшая урбанизация среды с переходом в новую стадию – **субурбанизацию**, при которой существенно изменяется характер градоархитектурной среды и, что особенно важ-

но, негативно трансформируются природно-ландшафтные компоненты. В настоящее время это – факт мирового масштаба, остро требующий профессионального осмысления.

Формирование специфических «урболовандшафтов» в крупных и крупнейших городах отмечается по всему миру, включая Китай. Для них характерны высокие человекоемкость среды, высотность и плотность застройки, функциональная насыщенность техногенными компонентами, сокращение природных пространств, которые, как известно, являются экологической альтернативой «жесткому бетонному ландшафту». Кроме того, формируется фактически **безликая антропогенная среда**, в которой почти исчезает социоэтнический контекст пространства жизни каждого народа.

Это – негативный аспект с позиций **этноэкологии**, поскольку каждое «место жизни народонаселения» – особая среда, имеющая специфику не только идеологии и культуры жизни, но и духовно-материальные принципы ее организации, сложившиеся веками и вобравшие в себя ценный опыт многих поколений, который безусловно требует учета.

В китайской архитектуре имеется особый глубокий этнический смысл, который отражает и передает исторически сложившийся цивилизационный процесс развития и культурно-национальную духовность народа. Современная архитектура Китая должна идти своим особым путем формирования, формообразования и развития, реализуя в архитектуре национальные черты.

В течение последних двух тысячелетий сложившиеся в Китае конфуцианство и даосизм влияют на ценности и концепции национальной архитектуры. В китайской архитектуре используется не только дух практицизма, но и многоаспектная шкала базовых человеческих ценностей, что нашло четкое отражение в формах и содержании профессиональных творческих мыслей, репрезентативно реализуемых архитектурой и в материальной сфере – в застройке, и в сфере формирования природно-ландшафтной среды территорий. Это органично вошло в сферу организации рекреационных пространств и стало основой их стилистики.

«Природа и человечество едины» – основная китайская концептуальная позиция философского взгляда на природу вещей, сформировавшаяся в глубокой древности.

В древних философских школах страны существовали разные идеи и взгляды в отношении «сути вещей». Иногда они были даже диаметрально противоположными, но во взглядах на природу почти все были едины. Суть китайской позиции: природа – объект, человечество – субъект. «Субъект в объекте» – базовое условие достижения гармонического единства и полноты природы, это – необходимое условие экосуществования человека.

В Китае с древних времен считали, что человек является неотъемлемой частью природы. Небо, земля, человек – это единое целое. Космогония, подчеркивая тезис «природа и

человечество едины», утверждает необходимость обеспечения этих же условий в жизни, а древняя китайская архитектура четко это отражает.

С глубокой древности до недалекой современности китайская «философия природы» и практика ретроспективной этноархитектуры четко удерживали принцип: не конфронтация, а единство с природой. Это стало базовой основой стилистики китайского зодчества.

По мере развития в китайской архитектуре получили формирование и другие аспекты. Так, со временем стали возникать акценты на этику и эстетику, получила значительное расширение палитра художественных приемов, стали возникать различные виды и приемы формирования среды, новые направления стилевой организации пространства. Это четко отразилось в организации застройки и окружающей ландшафтной среды. С тех пор как архитектура стала смещать акценты в оформительскую сторону – дизайна и эстетики среды, в Китае начали применяться и другие известные стили и формы зодчества, включая рекреационно-ландшафтную сферу. Такое разнообразие (с позиции пользования) расширило потребительские качества среды: каждый мог выбрать для себя пространство по душе, собрать в нем свою коллекцию любимых предметов, создать сад растений и компонентов, формируя вокруг и для себя социо- и биоконфортную среду. Однако ведущий концепт китайского зодчества практически никогда не нарушался, реализуя социо- и биоэкологический принцип рекреационного единства с природой.

**Ретроспектива.** Жилые здания тесно связывались с садами, поскольку они часть жизненной среды человека, предназначенная для отдыха, преодоления морального и физического утомления – усталости человека, психологического восстановления его здоровья. В экологии функции отдыха принято обозначать как рекреационную деятельность (от лат. *recreatio* – восстановление), а среду для нее – как рекреационную среду.

При характеристике компонентов рекреационной среды, призванных обеспечить человеку полноценный отдых, необходимо учитывать своеобразие различных его видов.

Традиционный китайский сад бесконечно далек от всякой утилитарности. Это – особое произведение искусства: синтез архитектуры, ландшафтного дизайна, поэзии, философии, каллиграфии, живописи. Формирование и поддержка такого сада – предприятие профессионально и эксплуатационно сложное, хлопотное и затратное. Сооружение настоящего китайского сада в ретроспективе было по силам лишь богатым людям. Но в Китае на протяжении многих столетий социальную элиту общества составляли наиболее образованные его представители, поэтому садовое китайское искусство не только процветало, но и стало основой формирования других садово-парковых стилей, например пейзажно-английского [1].

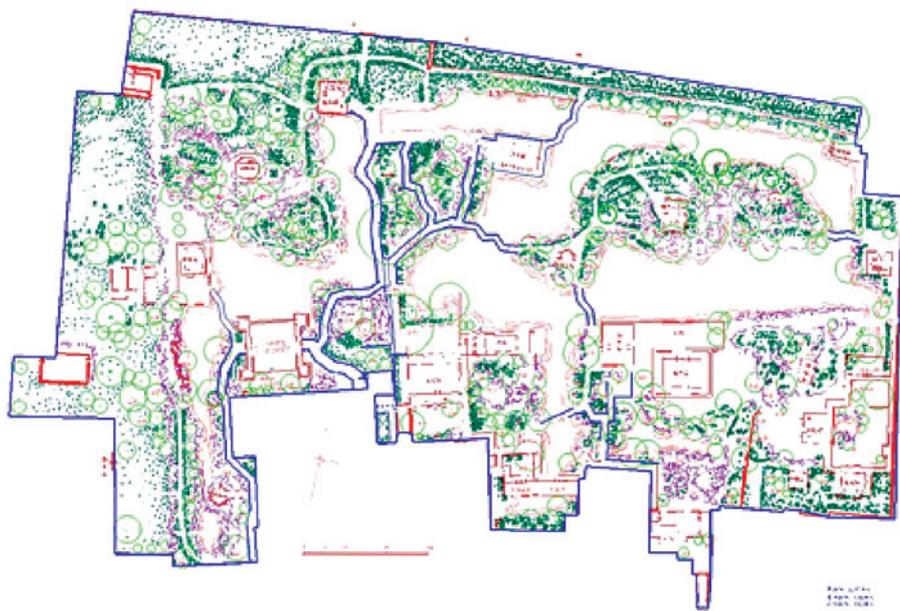


Рис. 1. Генплан садового участка, организованного в китайской стилистике ([http://www.naic.org.cn/html/2017/ylyzs\\_1119/32806.html](http://www.naic.org.cn/html/2017/ylyzs_1119/32806.html))

Характерный прием композиции китайского сада – формальная «природность» ландшафта, отсутствие геометрии форм в ландшафтных компонентах среды. При этом гармонической контрастной противоположностью выступают геометрические формы архитектурных объектов (рис. 1). Классический китайский сад спроектирован таким образом, что наблюдатель не может охватить взором весь сад. Создавая китайский сад, нужно помнить о том, что в его ландшафте присутствует большое количество элементов, а красоты сада воспринимаются фрагментарно.

Традиционный китайский сад содержит множество элементов: растения, вода, камни, архитектура, животные, малые природные и архитектурные формы, каждая из которых содержит глубокий образный и эмоциональный смысл. Все предметы контрастные по своему виду, что создает дополнительную гармонию и идеальное сочетание всех предметов. Такая гармония приводит посетителя сада к балансу между самим собой и природой, способствует медитации, релаксации и отдыху всех людей, находящихся в саду. К гармонии приближена и основная концепция китайского сада – постоянная смена видов, игра и динамика форм [2]. Обходя весь сад, посетитель гармонично воспринимает красоту постоянно меняющихся ландшафтных видов, а следовательно, позитивно меняет эмоциональную ауру своих мыслей, чувств и ощущений, что активно способствует его экорекреации (рис. 2).

Как было отмечено выше, ландшафт в китайском стиле избегает прямых линий, поэтому искусственно созданные извилистые тропинки сада должны иметь естественные очертания и выглядеть так, будто они созданы самой природой.

Китайский сад – стиль ландшафтно-рекреационного объекта, который формировался на протяжении многих тысячелетий. Философия оказала огромное влияние на садово-парковое искусство, а также сформулировала взгляды общества. Основой является органическое взаимоотношение человека и природы – взаимное слияние и гармония, что провозглашено в идеях даосизма (VI–V вв. до н. э).

Обычно искусственные сады китайская архитектура стремилась «вписать» в существующий ландшафт, целенаправленно подчеркивая достоинства естественного природного рельефа и не меняя его кардинально.

**Современность.** Для современных стилей ландшафтно-рекреационного благоустройства жилой среды XX–XXI вв. характерны усиление эстетической составляющей и расширение индивидуальности. Общественный сад для отдыха, как городской, так и загородный, подчиняется характеру времени и моды. Сад индивидуального загородного жилища во многом определяется образом жизни, вкусом и

экономическими возможностями его владельцев, он также поддается влиянию моды, но имеет и свои черты. В целом стилевое решение современных рекреационных садов более эклектично [3].

Особенностью всех современных стилей является то, что они учитывают потребности, возраст и характер людей, их социальный статус. Поскольку ландшафтно-рекреационные пространства направлены на комплексный отдых с повышением энергетического тонуса, для формирования положительной энергии следует выбирать оптимальное сочетание колористических оттенков цвета. В садах рекреационного типа следует формировать компоненты, устраняющие влияние отрицательной энергии и геопатогенные зоны, но избегать приемов, угнетающих психику, утомляющих физически, эмоционально, визуально и духовно.

Современная садовая стилистика в отличие от классических направлений более демократична, функциональна, проста в воплощении. В определенной степени современные ландшафтные приемы являются стилизацией в садово-парковом искусстве, но обогащенной новыми идеями, технологиями, формами и содержанием, а также новым контекстом окружающего градостроительного пространства (рис. 3).

Однако в XXI в. ситуация в ландшафтном строительстве Китая изменилась коренным образом. Садово-парковое искусство приобрело иную направленность: принципиально экодекоративное, оно приобрело экологические черты, причем в более общих аспектах и масштабах жизни населения. Подобное объясняется ухудшением экологической ситуации в среде поселений, резким сокращением площадей



Рис. 2. Китайский стиль ландшафтного сада в городе Сучжоу: а – общая панорама; б – фрагмент «ландшафтной картины»; в – детали ландшафтного дизайна ([http://www.naic.org.cn/html/2017/ylzs\\_1119/32806.html](http://www.naic.org.cn/html/2017/ylzs_1119/32806.html))



*Рис. 3. Современные жилые здания  
в Kumae  
([http://www.huitu.com/photo/  
show/20170708/213230026036.html](http://www.huitu.com/photo/show/20170708/213230026036.html))*



*Рис. 4. Современное китайское ландшафтно-рекреационное пространство  
в Пекине*

естественных угодий из-за формальных новаций архитектуры, взрывного развития автотранспорта, роста городов, других причин. Задачи ландшафтного искусства стали более серьезными и жизненно важными. В первую очередь – восстановление биосреды, организация пространств активной жизнедеятельности населения и обеспечения функции его отдыха.

**Сады жилых районов** всех рангов являются сегодня основным местом повседневного отдыха населения в радиусе до 1 км. Их целесообразно проектировать в близости общественных центров в увязке с размещением спортивных комплексов, к которым могут быть отнесены спортивные сооружения и все виды специальных площадок (стадионы с трибунами для зрителей, плавательные бассейны, спортивные залы, игровые поля и др.). Все они должны быть активно озеленены и экологически защищены от влияния транспортных магистралей и других источников загрязнения. Наиболее эффективно экранирование застройкой с формированием экологически эффективной ландшафтной среды. В Китае оно должно быть организовано также в ключе этностилистики (рис. 4).

Зеленые насаждения и оздоровительные физкультурно-рекреационные пространства рекомендуется проектировать как систему и формировать ее с учетом ландшафтных и градостроительных особенностей территории.

Однопрофильные или специализированные по виду отдыха парки позволяют не только удовлетворять самые



*Рис. 5. Рекреационный сад в застройке  
([http://www.huitu.com/photo/  
show/20170708/213230026036.html](http://www.huitu.com/photo/show/20170708/213230026036.html))*

разнообразные рекреационные потребности человека, проживающего в городской среде, но и создавать емкий ландшафтно-рекреационный каркас города.

В зависимости от функционального назначения специализированные объекты для отдыха можно подразделять на типы и виды, каждый из которых может быть связан с реализацией какой-либо преобладающей рекреационной функции, с местной спецификой среды, особенностями рельефа или архитектурно-планировочной организацией участка, с особым функциональным зонированием территории. Так, например, эстетико-декоративные парки отдыха и досуга могут быть самыми разнообразными по функциональному назначению пространства, структуре, формам и композиции, ландшафтному дизайну благоустройства, оборудованию и оснащению.

**Эколого-градостроительный фактор.** Современное зодчество должно обеспечить не только высокоэффективное использование территории с учетом функционального назначения объекта и его планировочной структуры, особенностей доступности и пешеходного движения на территории. Оно должно предусмотреть обоснованное включение в планировочную структуру территорий естественных природных компонентов и средств ландшафтного дизайна, особенно растительности и воды, которые существенно снижают отрицательные воздействия как антропогенной среды, так и негативных природно-климатических условий (избыточной температуры, влажности, инсоляции, аэрации и др.).

Для этого система благоустройства рекреационно-ландшафтных территорий должна применять комплекс специальных средств градостроительного формирования, эколого-средовой оптимизации или защиты пространства, а также особый подбор фитокомпонентов, т. е. насаждений, благоприятно воздействующих на организм человека

путем активного продуцирования кислорода, высокой фитонцидности, колористическим влиянием и аромовоздействием, что формирует садовое пространство комплексной и высокой биозкологической, физической и эмоционально-психологической эффективности рекреации каждого индивида и коллектива людей.

При учете экологического фактора выполняется разнобразная оценка условий пространства – градостроительная, архитектурная, техническая. Инженерная оценка проектируемого состояния среды (анализ уровней шума, инсоляции, аэрации, загазованности и др.) позволяет обоснованно использовать многообразие защитных и оздоровительных функций растительности, обеспечить необходимую устойчивость самих зеленых насаждений в условиях значительных антропогенных и техногенных нагрузок, а также обеспечить требуемые параметры комфортности по основным экофакторам – пылевой и химической загрязненности, инсоляционному, аэрационному и шумовому режимам [4].

Архитектура и городская среда поселений крайне консервативны. Экологизации они поддаются с большим трудом. Вопреки желанию более 80% людей в городах строят многоэтажные и высотные жилые здания почти без учета эколого-средовых факторов высотности, а также [5] загазованности и шумовой нагрузки улиц, особенностей жизни и психологии человека в условиях субурбанизации современной многоэтажной среды повышенной плотности (рис. 5).

При этом следует констатировать, что проблема архитектурно-ландшафтного обеспечения экологической рекреации населения в настоящее время относится к категории «второго плана». Это не значит, что она не осознается и не решается вовсе, но почти все ее современные реализации выступают на уровне «вчерашнего дня».

Экологический ущерб этого не заставляет себя ждать: Всемирная организация здравоохранения отмечает активный рост в городах XXI в. неизлечимых и особо тяжелых заболеваний взрослых и детей, имеющих «средовую этиологию». А это – потеря устойчивости жизни!

**Прогноз.** Оптимизационной современной тенденцией является интеграция ландшафтных и урбанизированных систем, когда происходит их средовое структурно-пространственное сочетание.

Поскольку самым крупным планировочным элементом первой группы является городской сад, он должен быть в первую очередь предназначен для массового отдыха населения города. Как правило, он должен выполнять одну из ведущих функций массового населения – рекреационную, в связи с чем (для обеспечения равной доступности) должен располагаться вблизи центральных зон города. В сравнении с городским парком он может иметь значительно меньше досуговых компонентов и соответственно сооружений [6]. Главное в городском саду – высокий класс чистоты и природного экологического озеленения территорий с естественным ландшафтным дизайном среды с преобладанием природных элементов: воды, растительности, камней.

Впрочем, городское озеленение центральных зон может не ограничиваться наземным общественным пространством: создание зеленых зон на искусственных территориях, балконах, террасах и крышах высоток, вертикальное озеленение все чаще можно встретить в крупных городах. Идеи, заимствованные у древних создателей садов и усиленные современными технологиями, позволяют активно



Рис. 6. Жилой район в Гонконге: сочетание ретроспективы с новейшей временем



Рис. 7. Проект экогорода-леса в Китае

озеленить, оживить и облагородить каменные архитектурные джунгли многих мегаполисов мира, в особенности таких, как в современном Китае, где на относительно небольшой территории проживает почти четверть населения мира (рис. 6).

На многих территориях мегаполисов Китая отмечается почти экстремальная экологическая ситуация, которая уже позиционируется как предельная степень опасности!

**Эстетический аспект ландшафтно-рекреационной среды.** Эстетика среды – фактор, обеспечивающий социокультурный комфорт любого функционального пространства при его визуальном восприятии. Во всяком саду это гармоничное сочетание искусственных форм с естественной природной и архитектурной средой. Он обуславливает необходимость композиционно-образного решения объектной среды с учетом национально-исторических особенностей, что способствует созданию целостной высококачественной среды, сочетающей требования функциональности с духовностью и этнокультурой народа. Это достигается путем дизайна всех искусственных элементов, рационального формообразования и колористического решения больших и малых архитектурных сооружений и форм, включая ландшафтные, рекреационного оборудования и среды в целом.

В пространствах на территории сада могут размещаться и досуговые учреждения: летний театр или кинотеатр, кафе, музыкальная эстрада, читальни, танцплощадки для взрослых и детей, интеллектуальные и игровые заведения, шахматно-шашечный клуб и др. Особого внимания требуют

разнообразные площадки для тихого отдыха, для которых должны формироваться боскеты. Поэтому такие пространства исключают явную поляризацию городской и природной среды. Естественно переходя от систем городского ландшафта к архитектурной среде систем расселения, идет формирование **экополиса** – поселения с экологически улучшенной средой, которое наиболее соответствует задачам и специфике времени. В силу формирования этих новых экологически устойчивых пространственных структур обеспечивается экологическое равенство условий среды во всех компонентах системы расселения, включая периферийные.

Необходимость обеспечения эффективного уровня развития региональных, районных и локальных систем расселения, синхронность их рекреационного развития формируют новое направление в зодчестве, связанное объединением фитосреды с предметным миром в системе «Architecture green». В формировании ее интерьеров используются как искусственные, так и натуральные растения. Особенно эффективно применение натуральных растений, повышение уровня функционирования всех инженерно-технических и транспортных систем, что должно обеспечиваться современным зодчеством в полной мере.

Это будет в определенном аспекте способствовать процессу дезурбанизации среды мегаполисов из-за снижения притока населения в города и концентрации его в экологически неблагоприятной среде. Одновременно это позволит значительно улучшить среду в малых, средних городах и поселениях, сделав жизнедеятельность в них наиболее привлекательной во многих отношениях, особенно в плане экологии.

Рекреационно-ландшафтное освоение городских пространств и формирование в них экологически полноценной среды выступают как часть общего процесса в системе архитектурного развития пространств жизнедеятельности социума. При этом градостроительство, архитектура и ландшафтно-рекреационная среда должны получить равное

положение в системе интегрированного субурбопространства современных поселений, как и в области их проектирования.

Ландшафтно-рекреационное пространство в системе функционально освоенных территориальных ландшафтов – это гео- и экологически особенная архитектура открытых пространств. Это – искусство формирования новых социо-эксплуатируемых пространств в соответствии с законами геоэкологии, эстетики, красоты, гармонии природы и хозяйственной деятельности людей.

Принципиально они нацелены на создание живописной, экологически организованной системы природных, природно-антропогенных объектов, форм и элементов, в которых активно задействованы территории с рельефом, водой, живыми организмами – флорой и фауной, связанные определенными функциональными связями с искусственной средой жизнедеятельности людей. Это пространство должно удовлетворять потребности современной цивилизации общества и экоэстетические вкусы людей, способствуя выполнению ими конкретных социальных, экономических, духовно-культурных и интеллектуальных функций. Но для этого должна получить новый вектор научного развития рекреационная среда современного человека, которая обеспечивает устойчивость его жизни.

Архитектурные новации для этого уже есть. В Китае впервые в мире будет построен полностью «зеленый город» по проекту итальянского архитектора С. Боери на севере округа Лючжоу вдоль реки Люцян, в котором все здания с садами (рис. 7). Планируется построить жилые комплексы на 30 тыс. человек, офисы, больницы, отели и рестораны. «Зеленая» концепция разработана для очищения воздуха: растения способны вырабатывать до 900 т кислорода в год, поглощая 10 т углекислого газа и 57 т других загрязняющих веществ. Планируется до 2020 г. закончить строительство.

#### Список литературы

1. Грошева Т.И. Планировочная структура ландшафтно-рекреационных объектов разных времен и эпох и их роль в жизни человека: Исторический обзор. Зарубежный опыт // *Архитектурные исследования*. 2017. № 1 (9). С. 80–87.
2. Севастьянов Д.В., Бочарникова М.В. Перспективы оптимизации рекреационного природопользования на приграничных территориях Сибири и Дальнего Востока // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. 2011. № 2. С. 111–121.
3. Шувалов В.М. Особенности формирования и развития рекреационных объектов Китая // *Вестник Московского государственного открытого университета. Москва. Серия: Техника и технология*. 2012. № 3. С. 71–77.
4. Задвернюк Л.В. Развитие пространственной организации традиционного жилого дома Северного Китая // *Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса*. 2013. № 1. С. 84–88.
5. Птичникова Г.А., Королева О.В. Гибридизация в городской архитектуре // *Социология города*. 2016. № 1. С. 5–17.
6. Енин А.Е., Грошева Т.И. Системный подход к реконструкции ландшафтно-рекреационных пространств // *Строительство и реконструкция*. 2017. № 4 (72). С. 101–109.

#### References

1. Grosheva T.I. Planning structure of landscape and recreational objects of different times and epochs and their role in human life historical review. Foreign experience. *Arhitekturnye issledovaniya*. 2017. No. 1 (9), pp. 80–87. (In Russian).
2. Sevastyanov D.V., Bocharnikova M.V. the Prospects for optimization of recreation nature management in the border areas of Siberia and the Far East. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2011. No. 2, pp. 111–121. (In Russian).
3. Shuvalov V.M. Features of formation and development of leisure facilities in China. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo otkrytogo universiteta. Moskva. Seriya: Tekhnika i tekhnologiya*. 2012. No. 3, pp. 71–77. (In Russian).
4. Zadernyuk L.V. The Development of the spatial organization of traditional houses in Northern China. *Dal'nij Vostok: problemy razvitiya arhitekturno-stroitel'nogo kompleksa*. 2013. No. 1, pp. 84–88. (In Russian).
5. Ptichnikova G.A., Koroleva O.V. Hybridization of architecture in the city. *Urban Sociology*. 2016. No. 1, pp. 5–17. (In Russian).
6. Enin A.E., Grosheva T.I. System approach to the reconstruction of landscape and recreational spaces. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2017. No. 4 (72), pp. 101–109. (In Russian).

7. Зыков А.А. Интеграционные перспективы и возможности стратегического развития Дальнего Востока // *Региональные проблемы*. 2008. № 9. С. 105–110.
8. Николаев В.А. Учение об антропогенных ландшафтах – научно-методическое ядро геоэкологии // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2005. № 2. С. 35–44.
9. Керина Э.Н., Керина А.Р. Обзор особенностей ландшафтной архитектуры Китайской Народной Республики // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 8. С. 45–49.
10. Унагаева Н.А. Эколого-ориентированное проектирование ландшафта // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2014. № 5 (166). С. 149–154.
11. Мензиес Д. Ландшафтная архитектура отражает ценности общества // *Вестник. «Зодчий. 21 век»*. 2015. № 2–2 (55). С. 50–51.
12. Быкова Г.И., Косточкина О.В., Ларина О.П. Парки вместо свалок // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2017. № 9. С. 36–46.
13. Игнатьева М.М. Человек и природа: общие приоритеты // *Архитектура. Строительство. Дизайн*. 2008. № 4. С. 56–59.
14. Михайлов С.М. К понятию «ландшафтный дизайн» в условиях современной техногенной среды // *Дизайн и технологии*. 2010. № 15 (57). С. 21–23.
15. Мельничук И.А. Городской пейзаж: хранить и украшать // *Вестник. «Зодчий. 21 век»*. 2009. № 1 (30). С. 86–91.
16. Тетиор А.Н. Экоситология – наука об экологических городах // *Евразийский союз ученых*. 2016. № 1–2 (22). С. 138–142.
17. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Хазиахметов Р.М. Возможна ли экологизация городов «по максимуму»? // *Экология и жизнь*. 2008. № 11. С. 44–47.
18. Бауэр Н.В., Шабатура Л.Н. Культура и традиция в ландшафтном проектировании городской среды // *Ценности и смыслы*. 2014. № 2 (30). С. 155–161.
19. Страхова В.Н. Экологическая диагностика состояния зеленых насаждений и экосистем города // *Градостроительство*. 2014. № 6 (34). С. 53–69.
20. Голосова Е.В. Теория национального китайского сада // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки*. 2010. № 10 (90). С. 197–201.
21. Голосова Е.В. Искусство традиционного китайского сада // *Лесной вестник. Forestry Bulletin*. 2003. № 1. С. 47–58.
22. Целуйко Д.С. Пространство синтаксиса в традиционном китайском личном саду // *Вестник Тихоокеанского государственного университета*. 2017. № 4 (47). С. 151–158.
23. Поляков Е.Н., Михайлова Л.В. История становления, основные разновидности традиционного китайского сада // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2016. № 6 (59). С. 9–25.
24. Поляков Е.Н., Михайлова Л.В. Композиционные особенности традиционного китайского сада // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2017. № 2 (61). С. 9–31.
25. Qian Yun.ed. *Classical Chinese Gardens*. Hong Kong: Joint Publishing Company Ltd., 1982.
26. Turner Tom. *Asia Gardens: history, beliefs and design*. Abingdon, New York: Routledge, 2010.
27. Keswick Maggie. *The Chinese Garden. History, art and architecture*. London: Frances Lincoln, 2003.
7. Zykov A.A. Integration prospects and opportunities of strategic development of the Far East. *Regional'nye problemy*. 2008. No. 9, pp. 105–110. (In Russian).
8. Nikolaev V.A. the Doctrine of anthropogenic landscapes-scientific and methodological core of Geocology. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2005. No. 2, pp. 35–44. (In Russian).
9. Kerina E.N., Kerina A.R. review of landscape architecture features of the people's Republic of China. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2014. No. 8, pp. 45–49. (In Russian).
10. Unagaeva N.A. Ecological-oriented landscape design. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2014. No. 5 (166), pp. 149–154. (In Russian).
11. Menzies D. landscape architecture reflects the values of society. *Vestnik. «Zodchij. 21 vek»*. 2015. No. 2–2 (55), pp. 50–51. (In Russian).
12. Bykova G.I., Kostochkina O.V., Larina O.P. Parks instead of landfills. *Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'*. 2017. No. 9, pp. 36–46. (In Russian).
13. Ignatieva M.M. Man and nature: common priorities. *Arhitektura. Stroitel'stvo. Dizajn*. 2008. No. 4, pp. 56–59. (In Russian).
14. Mikhailov S.M. to the concept of «landscape design» in the modern man-made environment. *Dizajn i tekhnologii*. 2010. No. 15 (57) , pp. 21–23. (In Russian).
15. Melnichuk I.A. Cityscape: store and decorate. *Vestnik. «Zodchij. 21 vek»*. 2009. No. 1 (30) , pp. 86–91. (In Russian).
16. Tetior A.N. Ecositology-the science of ecological cities. *Evrziskij soyuz uchenyh*. 2016. No. 1–2 (22), pp. 138–142. (In Russian).
17. Mirkin B.M., Naumova L.G., Haziakhmetov R.M. Is it possible to ecologize cities «to the maximum»? *Ehkologiya i zhizn'*. 2008. No. 11, pp. 44–47. (In Russian).
18. Bauer N.V., Shabatura L.N. Culture and tradition in the landscape design of the urban environment. *Cennosti i smysly*. 2014. No. 2 (30), pp. 155–161. (In Russian).
19. Strakhova V.N. Ecological diagnostics of the state of green spaces and ecosystems of the city. *Gradostroitel'stvo*. 2014. No. 6 (34) , pp. 53–69. (In Russian).
20. Golosova E.V. Theory of the national Chinese garden. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki*. 2010. No. 10 (90), pp. 197–201. (In Russian).
21. Golosova E.V. The Art of the traditional Chinese garden. *Lesnoj vestnik. Forestry Bulletin*. 2003. No. 1, pp. 47–58. (In Russian).
22. Tseluiko, D.S. Space syntax in the traditional Chinese private garden. *Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017. No. 4 (47) , pp. 151–158. (In Russian).
23. Polyakov E.N., Mikhailova L.V. history of formation, the main varieties of the traditional Chinese garden. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2016. No. 6 (59) , pp. 9–25. (In Russian).
24. Polyakov E.N., Mikhailova L.V. Compositional features of the traditional Chinese garden. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2017. No. 2 (61) , pp. 9–31. (In Russian).
25. Qian Yun.ed. *Classical Chinese Gardens*. Hong Kong: Joint Publishing Company Ltd., 1982.
26. Turner Tom. *Asia Gardens: history, beliefs and design*. Abingdon, New York: Routledge, 2010.
27. Keswick Maggie. *The Chinese Garden. History, art and architecture*. London: Frances Lincoln, 2003.

# Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 5–6 журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

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



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

**Библиографические списки** цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи и включать не менее 10 позиций.

#### 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! При подготовке рукописи статьи к отправке в редакцию обязательно ознакомьтесь с требованиями на сайте издательства в разделе «Авторам»!**

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

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

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

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



Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://rifsm.ru/page/7/>

## Уважаемые коллеги!

### Подписку на журнал «Жилищное строительство» оформить легко:

#### 1. На любой период в редакции

Оформить подписку в редакции можно с любого месяца на любой период. Для этого необходимо составить заявку в произвольной форме с указанием названия организации, юридического и почтового адреса

Заявки направлять по факсу: **(499) 976-22-08, 976-20-36**  
или по e-mail: **mail@rifsm.ru**

#### 2. Традиционно по каталогам

По объединенному каталогу  
«Пресса России»

индекс **70283**



По каталогу агентства  
«Роспечать»

индекс **79250**

**В настоящее время открыта подписка на II полугодие 2018 г.**

#### 3. Электронная версия

На сайте издательства **www.rifsm.ru** в разделе «Подписка» можно оформить подписку на электронную полнотекстовую версию журнала в формате \*.pdf. Это позволит вам получать журнал еще до выхода из типографии и быть независимым от почтового ведомства РФ. Подписаться на электронную версию журнала можно также на сайтах наших партнеров:

**elibrary.ru**  
**delpress.ru**  
**www.iprbookshop.ru**  
**www.iprbooks.ru**  
**www.bibliocomplect.ru**  
**www.bibliocomplectator.ru**  
**dlib.eastview.com**

#### 4. В 2018 г. в журнале «Жилищное строительство» готовятся к публикации подборки статей по:

- энергоэффективному строительству и тепловой защите зданий
- градостроительству и архитектуре
- крупнопанельному домостроению
- подземному строительству
- высотному строительству и уникальным зданиям и сооружениям
- сейсмостойкому строительству

**Издательство «Стройматериалы» продолжит выпуск специальной литературы по производству строительных материалов.  
ОСТАВАЙТЕСЬ С НАМИ!**



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ

УралСтройИндустрия / Деревообработка /  
Недвижимость / Interior & Design expo /

# СТРОИТЕЛЬНЫЙ БИЗНЕС-ФОРУМ



## 25-28 СЕНТЯБРЯ

## УФА 2018

ОРГАНИЗАТОРЫ:



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
РБ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
И АРХИТЕКТУРЕ



БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ

ПОДДЕРЖКА:



МИНИСТЕРСТВО ЖИЛИЩНО-  
КОММУНАЛЬНОГО  
ХОЗЯЙСТВА РБ



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
И ИННОВАЦИОННОЙ  
ПОЛИТИКИ РБ

СОДЕЙСТВИЕ:



АССОЦИАЦИЯ  
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННИКОВ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



СОЮЗ СТРОИТЕЛЕЙ  
РЕСПУБЛИКИ  
БАШКОРТОСТАН



ИТО СТРОИТЕЛЕЙ



[www.stroybvk.ru](http://www.stroybvk.ru)  
(347) 246-42-37, 246-42-38  
e-mail: [stroy@bvkexpo.ru](mailto:stroy@bvkexpo.ru)



@ stroybvk  
f stroyexpo.ufa  
#БВК #стройБВК



**ВДНХ ЭКСПО**  
г.Уфа, ул.Менделеева,158