



ISSN 0044-4472

6'2017

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

научно-технический и производственный журнал

www.rifsm.ru

издается с 1958 г.

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

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



26-29 СЕНТЯБРЯ

УФА 2017

ОРГАНИЗАТОР:



ПОДДЕРЖКА:



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ



МИНИСТЕРСТВО
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



МИНИСТЕРСТВО ЖИЛИЩНО-
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



АССОЦИАЦИЯ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННИКОВ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

СОДЕЙСТВИЕ:



СОЮЗ СТРОИТЕЛЕЙ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



АССОЦИАЦИЯ
СТРОИТЕЛЕЙ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

ФОРУМ УРАЛСТРОЙИНДУСТРИЯ



СТРОИТЕЛЬСТВО

XXVII специализированная выставка

ДЕРЕВООБРАБОТКА

III специализированная выставка

НЕДВИЖИМОСТЬ

XI специализированная выставка



(347) 246-42-38, 246-42-37

e-mail: stroy@bvkexpo.ru

www.stroybvk.ru

Место проведения

ВДНХ ЭКСПО

ул. Менделеева, 158



#БВК #стройБВК

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)

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)

Авторы

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

Редакция

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

Перепечатка

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

Редакция не несет
ответственности за содержание
рекламы и объявлений.

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Издается с 1958 г.

6'2017

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

И.Е. ЦУКЕРНИКОВ, И.Л. ШУБИН, Т.О. НЕВЕНЧАННАЯ Анализ правил нормирования и гигиенической оценки шума и вибрации на рабочих местах и в условиях проживания в жилых зданиях и помещениях	3
С.И. КРЫШОВ Проблемы звукоизоляции строящихся зданий	8
С.Н. ОВСЯННИКОВ, П.Н. СЕМЕНЮК, А.Н. ОВСЯННИКОВ, В.Н. ОКОЛИЧНЫЙ Объемно-планировочные, конструктивные и инженерные решения каркасной универсальной полносборной архитектурно-строительной системы	11
А.Ю. НЕКЛЮДОВ Неразрешенные вопросы методики расчета энергетической эффективности зданий	20
М.В. БОДРОВ, В.Ю. КУЗИН, М.С. МОРОЗОВ Влияние выбора оконных блоков на показатели энергетической эффективности теплового контура и воздушный режим малоэтажных жилых зданий	24
Е.В. КОРКИНА, Е.В. ГОРБАРЕНКО, В.Г. ГАГАРИН, И.А. ШМАРОВ Основные соотношения для расчета облучения солнечной радиацией стен отдельно стоящих зданий	27
Юбилейное XXV Общее собрание членов Российской академии архитектуры и строительных наук прошло под девизом «Научные исследования – важнейший фактор инновационного развития архитектурно-строительного комплекса и градостроительной деятельности в России» (Информация)	34
Д.Ю. ЖЕЛДАКОВ, А.А. ФРОЛОВ Сегментный метод расчета распределения температуры по сечению ограждающей конструкции здания	36
П.Н. УМНЯКОВ, Н.П. УМНЯКОВА, Н.Е. АЛДОШИНА Сохранение древних шедевров русской иконописи Троицкого собора Свято-Троицкой Сергиевой лавры	40
Г.С. АБДРАСИЛОВА Высотные здания в архитектуре Астаны	45
Е.В. ЛЕВИН, А.Ю. ОКУНЕВ Газоразделительные технологии как средство повышения эксплуатационной безопасности зданий и сооружений	51

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)

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)

The authors

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

The Editorial Staff can publish the articles as a matter for discussion, not sharing the point of view of the author.

Reprinting

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

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

ZHILISHCHNOE STROITEL'STVO

Published since 1958

6'2017

To holding the International Conference VIII 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"

I.E. TSUKERNIKOV, I.L. SHUBIN, T.O. NEVENCHANNAYA Analysis of Rules for Noise and Vibration Rationing and Hygienic Estimation at Workplaces and in Living Conditions in Residential Buildings and Premises	3
S.I.KRYSHOV Problems of Sound Insulation of Buildings	8
S.N.OVSYANNIKOV, P.N. SEMENYUK, A.N. OVSYANNIKOV, V.N. OKOLICHNY Space-Planning, Structural and Engineering Decisions of Frame Universal Prefabricated Architectural-Construction System	11
A.Yu. NEKLYUDOV Unresolved Issues of the Methodology for Calculating the Energy Efficiency of Buildings	20
M.V. BODROV, V.Yu. KUZIN, M.S. MOROZOV Effect of Selecting Window Blocks on Indicators Energy Efficiency of Thermal Construction and Air Mode of Low-Rented Residential Buildings	24
E.V. KORKINA, E.V. GORBARENKO, V.G. GAGARIN, I.A. SHMAROV Basic Relationships for Calculation of Solar Radiation Expousure of Walls of Separate Buildings	27
XXV Jubilee General Meeting of the Members of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences was Held under the Motto «Scientific Research is the Most Important Factor of Innovative Development of Architectural-Construction Complex and Town-Planning Activity in Russia» (Information)	34
D.Yu. ZHELDAKOV, A.A FROLOV Segment Method for Calculation of Temperature Distribution along the Section of the Enclosing Structure of a Building	36
P.N. UMNYAKOV, H.P. UMNYAKOVA, N.E. ALDOSHINA Preservation of Ancient Masterpieces of Russian Icon Painting of the Trinity Cathedral of the Holy Trinity-St. Sergius Lavra	40
G.S. ABDRASILOVA High-Rise Buildings in Architecture of Astana	45
E.V. LEVIN, A.Yu. OKUNEV Gas-Separation Technologies as a Way to Increase Operational Safety of Buildings and Structures	51

УДК 69

И.Е. ЦУКЕРНИКОВ^{1,2}, д-р техн. наук (3342488@mail.ru); И.Л. ШУБИН¹, д-р техн. наук;
Т.О. НЕВЕНЧАННАЯ^{1,2}, д-р техн. наук

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики НИИСФ РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

² Московский политехнический университет (127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 2а)

Анализ правил нормирования и гигиенической оценки шума и вибрации на рабочих местах и в условиях проживания в жилых зданиях и помещениях

Выполнен сопоставительный анализ правил нормирования и оценки шума и вибрации на рабочих местах и в условиях проживания в жилых зданиях и помещениях, установленных действующими санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий», введенными в 1996 г., и санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.1.2.2645–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях», СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». Отмечено, что введение СанПиН 2.1.2.2645–10 не привело к каким-либо изменениям в правилах нормирования и оценки шума и вибрации в условиях проживания в жилых зданиях и помещениях. Приведены существенные отличия в нормировании и оценке шума и вибрации на рабочих местах, вызванные введением СанПиН 2.2.4.3359–16. Отмечены разногласия с требованиями действующих стандартов на методы измерения и оценки шума и вибрации. Рассмотрены особенности гигиенической оценки непостоянной вибрации в жилых зданиях и помещениях. Дан пример ее неправильной трактовки на практике.

Ключевые слова: шум, вибрация, нормирование, оценка, превышение.

Для цитирования: Цукерников И.Е., Шубин И.Л., Невенчанная Т.О. Анализ правил нормирования и гигиенической оценки шума и вибрации на рабочих местах и в условиях проживания в жилых зданиях и помещениях // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 3–7.

I.E. TSUKERNIKOV^{1,2}, I.L. SHUBIN¹, T.O. NEVENCHANNAYA^{1,2}

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

² Moscow State Polytechnic University (2a Pryanishnikova Street, 127550, Moscow, Russian Federation)

Analysis of Rules for Noise and Vibration Rationing and Hygienic Estimation at Workplaces and in Living Conditions in Residential Buildings and Premises

The comparative analysis of rules for rationing and hygienic estimation of noise and vibration at workplaces and in the living conditions of residing at residential buildings and the premises is made which are stated by sanitarian norms 2.2.4/2.1.8.562–96 "Noise at workplaces, in premises of residential and public buildings and on areas of housing development", СН 2.2.4/2.1.8.566–96 "Production vibration, vibration in premises of residential and public buildings", entered into 1996, and by sanitary-and-epidemiologic rules and specifications SanPiN 2.1.2.2645–10 "Sanitary-epidemiologic requirements for living conditions in residential buildings and premises", SanPiN 2.2.4.3359–16 "Sanitary-epidemiologic requirements for physical factors at workplaces". It is noticed that introduction of SanPiN 2.1.2.2645–10 has not led to any changes in rules of rationing and estimation of noise and vibration in the conditions of residing at residential buildings and premises. Essential differences in rationing and assessment of noise and vibration at the workplaces, caused by introduction of SanPiN 2.2.4.3359–16, are presented. Disagreements with requirements of operating standards of methods of noise and vibration measurement and estimation are noted. Features of a hygienic estimation of non-steady vibration in residential buildings and premises are considered. An example of its wrong interpretation in practice is given.

Keywords: noise, vibration, rationing, estimation, exceeding.

For citation: Tsukernikov I.E., Shubin I.L., Nevenchannaya T.O. Analysis of rules for noise and vibration rationing and hygienic estimation at workplaces and in living conditions in residential buildings and premises. *Zhilyshchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 3–7. (In Russian).

В настоящее время действуют четыре нормативных документа, устанавливающие требования к нормированию и гигиенической оценке шума и вибрации. Это – 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», СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий», введенные в 1996 г., и санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.1.2.2645–10

«Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях», введенные в 2010 г., СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», введенные с 1 января 2017 г. Документы 1996 г. устанавливают классификацию шумов и вибрации, нормируемые параметры, предельно допустимые и допустимые уровни и значения обоих факторов на рабочих местах и в помещениях жилых, общественных зданий соответствен-

но, а для шума также и на территории жилой застройки. СанПиН 2.2.4.3359–16 установили санитарно-эпидемиологические требования к шуму и вибрации на рабочих местах, к источникам шума и вибрации, а также требования к организации контроля, методам измерения и мерам профилактики вредного воздействия шума и вибрации на здоровье работающих. СанПиН 2.1.2.2645–10 регламентировали обязательные санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях, которые следует соблюдать при размещении, проектировании, реконструкции, строительстве и эксплуатации жилых зданий и помещений, предназначенных для постоянного проживания.

Поскольку в постановлениях Главного санитарного врача РФ о введении более поздних санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.1.2.2645–10 и СанПиН 2.2.4.3359–16 не отменено действие санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562–96 и СН 2.2.4/2.1.8.566–96, следует признать действующими те положения СН, которые не противоречат требованиям санитарно-эпидемиологических правил и нормативов. Их как и ранее применяют на практике [1–11]. В настоящей работе выполнен сопоставительный анализ положений данных документов с выделением непротиворечивых требований, которыми следует руководствоваться при нормировании и оценке шума и вибрации на рабочих местах и в помещениях жилых зданий. Отмечены также положения, не соответствующие практике измерения и оценке шума и вибрации, закрепленной в соответствующих стандартах и практических руководствах Роспотребнадзора.

Особенности нормирования и оценки шума и вибрации на рабочих местах. С введением СанПиН 2.2.4.3359–2016 с 01.01.2017 требования к ограничению и оценке акустических факторов на рабочих местах существенно изменяются. Установлены два новых требования общего характера:

- в качестве нормируемых параметров приняты только одночисловые характеристики: уровень звука для шума и скорректированное виброускорение (скорректированный уровень виброускорения) для вибрации (п.п. 3.2.1 и 4.2.1). Спектральные характеристики (уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5–8000 Гц) предлагается использовать как справочные параметры для подбора средств индивидуальной защиты, разработки мер профилактики, решения экспертных вопросов связи заболевания с профессией;

- оценка фактических уровней должна проводиться с учетом неопределенности измерений, которую следует определять по ГОСТ Р 54500.1–2011/Руководство ИСО/МЭК 98-1:2009 «Неопределенность измерения. Введение в руководство по неопределенности измерения» и ГОСТ Р ИСО 10576-1–2003

«Руководство по оценке соответствия установленным требованиям».

СанПиН 2.2.4.3359–2016 введен также набор отличительных требований, касающихся отдельно нормирования и оценки шума и вибрации на рабочих местах.

Нормирование и оценка шума. В число нормируемых параметров наряду с эквивалентным и максимальным уровнями звука А добавлен пиковый уровень звука С с нормативным значением 137 дБС. При этом установлено, что превышение любого нормируемого параметра считается превышением требований СанПиН.

Учет временного (импульсный) и спектрального (тональный) характера шума производится не посредством ужесточения нормативных значений на 5 дБА, как в СН 2.2.4/2.1.8.562–96, а путем соответствующего увеличения значений эквивалентного уровня звука А, измеренных на *i*-м интервале воздействия шума, при вычислении эквивалентного уровня звука А за рабочую смену $L_{p,Aeq,8h}$, дБА, с помощью выражения:

$$L_{p,Aeq,8h} = 10 \lg \left(\frac{1}{T_0} \sum_i T_i 10^{0,1(L_{p,Aeq,T_i} + K_i)} \right), \quad (1)$$

где T_0 – нормативная продолжительность рабочей смены, ч ($T_0 = 8$ ч); T_i – продолжительность *i*-го интервала воздействия шума, ч; L_{p,Aeq,T_i} – эквивалентный уровень звука, измеренный на *i*-м интервале воздействия шума, дБА; K_i – поправка на характер шума, равная 5 дБА в случае тонального и (или) импульсного шума (применяется при $L_{p,Aeq,T_i} > 75$ дБА, во всех других случаях принимается $K_i = 0$ дБА).

При продолжительности рабочей смены, отличной от 8 ч, T_0 принимается равным фактической продолжительности рабочей смены при общей продолжительности работы 40 ч в неделю.

Таким образом, с введением СанПиН 2.2.4.3359–2016 исключено отмеченное в работе [12] техническое противоречие в оценке импульсного и тонального шума. Вместе с тем не устранено противоречие, содержащееся в определении импульсного шума, не позволяющее отнести к нему звуковые сигналы длительностью менее 1 с, но более 0,2 с [12].

Нормативный эквивалентный уровень звука А на рабочих местах установлен равным 80 дБА. Для рабочих мест с учетом напряженности и тяжести трудового процесса нормативные эквивалентные уровни звука приняты, как и в СН 2.2.4/2.1.8.562–96, по табл. 1. При этом указано, что при сокращенном рабочем дне (менее 40 ч в неделю) предельно допустимые уровни применяются без изменения.

Для отдельных отраслей (подотраслей) экономики допускается эквивалентный уровень шума на рабочих местах от 80 до 85 дБА при условии подтверждения приемлемого риска для здоровья работающих по результатам проведения

Таблица 1

Предельно допустимые эквивалентные уровни звука, дБА			
Категории напряженности трудового процесса	Категории тяжести трудового процесса		
	Легкая и средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд 1-й степени	Тяжелый труд 2-й степени
Напряженность легкой и средней степени	80	75	75
Напряженный труд 1-й степени	70	65	65
Напряженный труд 2-й степени	60	–	–
Напряженный труд 3-й степени	50	–	–

Примечание. Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса по условиям труда следует проводить в соответствии с действующим документом по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. В настоящее время действует руководство Р 2.2.2006–005 [13].

оценки профессионального риска, а также выполнения комплекса мероприятий, направленных на минимизацию рисков для здоровья работающих. Обязанность проведения оценки риска для здоровья работающих и подтверждения приемлемости установленного риска возложена на работодателя.

Наконец, работы в условиях воздействия эквивалентного уровня шума выше 85 дБА не допускаются.

Нормирование и оценка вибрации. Нормируемым показателем вибрации на рабочем месте принято только эквивалентное скорректированное виброускорение за рабочую смену, $a_{w,8h}$, м/с², и/или эквивалентный скорректированный уровень виброускорения за 8 ч рабочую смену, $L_{a_{w,8h}}$, дБ, которые определяются выражениями:

$$a_{w,8h} = \sqrt{\frac{\sum_i a_{w,T_i}^2 T_i}{T_0}}; \quad (2)$$

$$L_{a_{w,8h}} = 10 \lg \left(\frac{1}{T_0} \sum_i T_i 10^{0,1 L_{a_{w,T_i}}} \right), \quad (3)$$

где T_0 и T_i – те же величины, что и в (1); a_{w,T_i} и $L_{a_{w,T_i}}$ – эквивалентное (среднеквадратичное) скорректированное виброускорение, м/с², и эквивалентный скорректированный уровень виброускорения, дБ, соответственно, измеренные на i -м интервале воздействия вибрации.

При продолжительности рабочей смены, отличной от 8 ч, T_0 принимается равным фактической продолжительности рабочей смены при общей продолжительности работы 40 ч в неделю.

Таким образом, гигиеническая оценка вибрации, воздействующей на человека на рабочем месте, производится только методом интегральной оценки по эквивалентному скорректированному уровню виброускорения с учетом вре-

мени вибрационного воздействия, как это имело место ранее для оценки непостоянной вибрации. Вместе с тем нормируемый показатель отличается от показателей, нормированных до введения данных СанПиН, так как ранее в знаменателе формул (2) и (3) стояла не нормативная продолжительность рабочей смены T_0 , а суммарное время воздействия вибрации $T = \sum_i T_i$.

Нормативные (предельно допустимые) величины производственной вибрации устанавливаются за рабочую смену для направлений осей базицентрической системы координат в соответствии с табл. 2. При этом для общей вибрации нормативные значения в горизонтальном направлении приняты в 1,4 раза (на 3 дБ) меньшими для всех категорий, а не только для категории 1, как это было ранее.

Для общей вибрации на рабочих местах в общественных зданиях введена новая категория 5, предельно допустимые значения и уровни виброускорения для которой приравнены к нормативам, установленным для категории 3в. В результате, как следует из сравнительных данных, приведенных в табл. 3, нормативные значения на рабочих местах в общественных зданиях для горизонтальной вибрации повышены в 3,1 раза (на 10 дБ), для вертикальной вибрации в 4,4 раза (на 13 дБ).

Как и для шума при сокращенном рабочем дне (менее 40 ч в неделю), предельно допустимые уровни применяются без изменения.

Не допускается работа с текущими значениями нормируемого параметра, превышающими установленные в табл. 2 нормы в условиях воздействия локальной вибрации более чем в четыре раза (на 12 дБ), в условиях воздействия общей вибрации более чем в восемь раз (на 24 дБ).

Особенности нормирования и оценки шума и вибрации в условиях проживания в жилых зданиях и

Таблица 2

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Коррекция	Нормативные эквивалентные скорректированные значения и уровни виброускорения	
				м/с ²	дБ
Локальная		Хл, Yл, Zл	Wh	2	126
Общая	1	Zo	Wk	0,56	115
		Хо, Yo,	Wd	0,4	112
	2	Zo	Wk	0,28	109
		Хо, Yo,	Wd	0,2	106
	3а	Zo	Wk	0,1	100
		Хо, Yo,	Wd	0,071	97
	3б	Zo	Wk	0,04	92
		Хо, Yo	Wd	0,028	89
	3в	Zo	Wk	0,014	83
		Хо, Yo	Wd	0,0099	80

Примечание. Фильтры частотной коррекции принимают: Wh – по ГОСТ 31192.1–2004 «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования»; Wd, Wk – по ГОСТ 31191.1–2004 «Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования».

Таблица 3

Направление действия	Нормативные эквивалентные скорректированные значения и уровни виброускорения			
	По СН 2.2.4/2.1.8.566–96		По СанПиН 2.2.4.3359–16	
	м/с ²	дБ	м/с ²	дБ
Zo	0,0032	70	0,014	83
Хо, Yo			0,0099	80

помещениях. В части нормирования и оценки шума и вибрации в условиях проживания в жилых зданиях и помещениях СанПиН 2.1.2.2645–10 не устанавливает требований, отличных от требований СН 2.2.4/2.1.8.562–96 и СН 2.2.4/2.1.8.566–96.

Таким образом, сохранены отмеченные в [12] противоречия в оценке импульсного и тонального шума. Указанные противоречия устраняются применением положений действующего национального стандарта РФ ГОСТ Р 53187–2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий».

Кроме того, необходимо отметить, что на практике имеются случаи неверной трактовки правил гигиенической оценки непостоянной вибрации в жилых зданиях и помещениях. Это связано с недостаточной четкостью формулировки соответствующих требований в СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Так, если в СН 2.2.4/2.1.8.562–96 однозначно установлено, что нормируемыми параметрами непостоянного шума являются максимальный и эквивалентный уровни звука и для обоих величин установлены допустимые уровни с разницей в 15 дБА, то в СН 2.2.4/2.1.8.566–96 такая однозначность отсутствует. В нем (п. 5.1) установлены три метода гигиенической оценки постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека: метод частотного (спектрального) анализа нормируемого параметра, метод интегральной оценки по частоте нормируемого параметра и метод интегральной оценки с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра. При этом не дано конкретного указания, какой метод следует использовать для оценки постоянной и непостоянной вибрации. Допустимые значения нормируемых параметров вибрации в жилых помещениях приведены в табл. 9 СН 2.2.4/2.1.8.566–96 и в примеч. 2 этой таблицы указано, что для непостоянной вибрации к приведенным в ней допустимым значениям вводится поправка минус 10 дБ, а абсолютные значения умножаются на 0,32. На практике зачастую измеряют или рассчитывают максимальные параметры непостоянной вибрации в октавных полосах частот. При выполнении гигиенической оценки именно эти значения сопоставляют с ужесточенными нормами для непостоянной вибрации. Вместе с тем в п. 5.5 СН 2.2.4/2.1.8.566–96 установлено, что при оценке вибрации с учетом времени ее воздействия (что как раз и относится к непостоянной вибрации) в качестве нормируемого параметра следует принимать эквивалентное скорректированное значение виброскорости или виброускорения или их логарифмические уровни. Таким образом, именно для этих величин и установлены пониженные допустимые значения. Относительно установления допустимых значений для максимальной величины вибрации в СН 2.2.4/2.1.8.566–96 никаких указаний нет. Можно лишь предполагать, что по аналогии с нормированием шума они должны быть приняты большими допустимых значений для эквивалентных величин на 10 дБ, т. е. соответствовать значениям, приведенным в табл. 9 без применения понижающей поправки. Данный подход к нормированию непостоянной вибрации был однозначно прописан в СанПиН 2.1.2.1002–00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям». В п.п. 6.2.3–6.2.6 этих СанПиН прямо указано, что отмеченное выше ужесточение допустимых значений для непостоянной вибрации следует применять к эквивалентным величинам вибрации, а допустимые значения максимальных величин вибрации ужесточению не подлежат.

Однако в 2010 г. СанПиН 2.1.2.1002–00 были заменены на территории Российской Федерации СанПиН 2.1.2.2645–10, которые, как отмечено выше, в части требований к вибрации полностью идентичны СН 2.2.4/2.1.8.566–96.

Необходимо отметить, что такой подход принят в своде СП 120.13330.2012 «СНиП 32-02-2002 «Метрополитены» (п. 5.19.1.3) и расширен также на октавные полосы со среднегеометрическими частотами 16–63 Гц.

Ошибочная гигиеническая оценка непостоянной вибрации приводит к существенному ее завышению на практике и значительно удорожает реализацию мероприятий по ее снижению. Так, в НИИСФ РААСН по просьбе ООО «Проектное бюро АПЕКС» выполнена экспертиза оценки ожидаемых уровней вибраций и структурного шума от движения поездов Калужско-Рижской линии метрополитена в проектируемом жилом комплексе, расположенном по адресу: г. Москва, ул. Вавилова, д. 4, и показано, что из-за неверного использования положений санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.566–96 оценка вибрации от движения поездов Калужско-Рижской линии метрополитена в проектируемом жилом здании завышена для разных секций на 6,7–8,3 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 31,5 Гц и на 5,7 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 63 Гц [14]. Уточненная оценка, выполненная в соответствии с СП 120.13330 с использованием методики оценки непостоянной вибрации, установленной сводом правил СП 23-105–2004 «Оценка шума при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена», позволила уменьшить толщину, подобрать соответствующую марку рекомендованного виброизоляционного материала зарубежного производства и удешевить стоимости реализации виброизоляции.

Список литературы

1. Осипов Г.Л., Бобылев В.Н., Борисов Л.А. и др. Звукоизоляция и звукопоглощение. М.: АСТ; Астрель, 2004. 450 с.
2. Шубин И.Л., Цукерников И.Е., Николов Н., Писарски А. Основы проектирования транспортных шумозащитных экранов. М.: БАСТЕТ, 2015. 208 с.
3. Боганик А.Г. Акустический комфорт. Часть I. Звуко- и виброизоляция от внутренних источников в жилом здании // *Технологии строительства*. 2008. № 4 (59). С. 1–7
4. Боганик А.Г. Акустический комфорт. Часть II. Звуко- и виброизоляция жилого здания от внешних источников шума и вибрации // *Технологии строительства*. 2008. № 7 (62). С. 1–5.
5. Tsukernikov Ilya E. Determination of limit admissible A-weighted noise emission values of machinery and equipment. Proceedings of the 5-th International Congress on Sound and Vibration (1997), pp. 635–641.
6. Цукерников И.Е., Шубин И.Л., Тихомиров Л.А., Невенчанная Т.О. Возрастание шума в жилой застройке в связи с реконструкцией автодороги // *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 27–30.
7. Цукерников И.Е., Тихомиров Л.А., Соломатин Е.О., Салтыков И.П., Кочкин Н.А. Решение задач строительной акустики как фактора, обеспечивающего безопасность и комфортность проживания в зданиях // *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 49–52.
8. Спиридонов А.В., Цукерников И.Е., Шубин И.Л. Мониторинг и анализ нормативных документов в строительстве в области внутреннего климата помещений и защиты от

- вредных воздействий. Часть 3. Акустические факторы (шум, вибрация, инфразвук, ультразвук) // БСТ, 2016. № 6. С. 8–11.
9. Цукерников И.Е., Тихомиров Л.А., Щурова Н.Е., Невенчанная Т.О. Оценка возможности снижения шума от МКАД на жилой территории «Заречье» // *Жилищное строительство*. 2015. № 6. С. 37–39.
 10. Smirnov Vladimir, Tsukernikov Ilya. To the question of vibration levels prediction inside residential buildings caused by underground traffic. *Dynamics and Vibroacoustics of Machines (DVM2016) // Procedia Engineering*. 176 (2017) 371–380.
 11. Цукерников И.Е., Шубин И.Л., Невенчанная Т.О. Проектирование защиты от производственного шума. Сборник трудов II Всероссийской акустической конференции, совмещенной с XXX сессией Российского акустического общества. 6–9 июня 2017, Нижний Новгород, ИПФ РАН. С. 1387–1397.
 12. Цукерников И.Е. О требованиях к акустическим параметрам // *Стандарты и качество*. 2006. № 6. С. 20–22.
 13. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Руководство Р 2.2.2006-005. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2005.
 14. Цукерников И.Е., Смирнов В.А. Измерения и анализ вибрации, вызванной движением поездов метрополитена на близлежащие здания и разработка мероприятий по их снижению. Сборник трудов II Всероссийской акустической конференции, совмещенной с XXX сессией Российского акустического общества. 6–9 июня 2017, Нижний Новгород, ИПФ РАН. С. 1376–1386.
 8. Spiridonov A.V., Tsukernikov I.E., Shubin I.L. Monitoring and analysis of construction regulations in the field room inner climate and safety of harmful exposure. Part 3. Acoustic factors (noise, vibration, infrasound, ultrasound). *BST*. 2016, No. 6, pp. 8–11. (In Russian).
 9. Tsukernikov I.E., Tikhomirov L.A., Schurova N.E., Nevenchannaya T.O. Assessment of Possibility to Reduce Noise from MKAD at Residential Territory «Zarechie». *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 6, pp. 37–39. (In Russian).
 10. Smirnov Vladimir, Tsukernikov Ilya. To the question of vibration levels prediction inside residential buildings caused by underground traffic. *Dynamics and Vibroacoustics of Machines (DVM2016). Procedia Engineering*. 176 (2017) 371–380.
 11. Tsukernikov I.E., Shubin I.L., Nevenchannaya T.O. Designing of industrial sound protection. Proceedings of 11th Russian Acoustic Conference combined with XXXth Session of Russian Acoustic Society. 6–9 June 2017, Nizhny Novgorod, IPF RAN, pp. 1387–1397. (In Russian).
 12. Tsukernikov I.E. O trebovaniyah k akkusticheskim parametram [About requirements to acoustic parametres]. *Standarty i Kachestvo*. 2006, No. 6, pp. 20–22. (In Russian).
 13. Guide for hygienic estimation of factors of a working environment and labor process. Criteria and classification of working conditions. Guide P 2.2.2006-005. Moscow: Federalnyi centr Gossanepidnadzora Minzdrava Russii, 2005.
 14. I.E. Tsukernikov, Smirnov V.A. Measurement and analysis of vibrations caused by the movement of underground trains on surrounding buildings and development of vibration isolation system. Proceedings of 11th Russian Acoustic Conference combined with XXXth Session of Russian Acoustic Society. 6–9 June 2017, Nizhny Novgorod, IPF RAN, pp. 1376–1386. (In Russian).

References

1. Osipov G.L., Bobilev V.N., Borisov L.A. et al. *Zvukoizolyatsiya i zvukopogloshchenie* [Sound insulation and absorption]. Moscow: AST, Astrel. 2004. 450 p.
2. Shubin I.L., Tsukernikov I.E., Nikolov N., Pisarsky A. *Osnovy proektirovaniya transportnykh shumozashchitnykh ekranov* [Bases of designing transport noise barriers]. Moscow: BASTET, 2015. 208 p.
3. Boganic A.G. Acoustic comfort. Part I. Sound- and vibro insulation from internal sources in a residential building. *Tekhnologii stroitel'stva*. 2008. No. 4 (59), pp. 1–7. (In Russian).
4. Boganic A.G. Acoustic comfort. Part II. Sound- and vibro insulation of a residential building from external sources of sound and vibration. *Tekhnologii stroitel'stva*. 2008. No. 7 (62), pp. 1–5. (In Russian).
5. Tsukernikov Ilya E. Determination of limit admissible A-weighted noise emission values of machinery and equipment. Proceedings of the 5-th International Congress on Sound and Vibration (1997), pp. 635–641.
6. Tsukernikov I.E., Shubin I.L., Tikhomirov L.A., Nevenchannaya T.A. Apartment house noise increase because of the road section reconstruction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014, No. 6, pp. 27–30. (In Russian).
7. Tsukernikov I.E., Tikhomirov L.A., Solomatin E.O., Saltykov I.P., Kochkin N.A. Building acoustics problem solution as a factor providing safety and comfort residing in buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014, No. 6, pp. 49–52. (In Russian).

Внимание авторов!

Ознакомьтесь
с правилами
и рекомендациями,
размещенными на сайте
издательства:

www.rifsm.ru/page/7

Информация
по оформлению подписки
на странице:

www.rifsm.ru/page/5

www.rifsm.ru

УДК 699.8

С.И. КРЫШОВ, канд. техн. наук (skryshov@yandex.ru)

Центр экспертиз, исследований и испытаний в строительстве (ГБУ «ЦЭИИС»)
(109052, г. Москва, Рязанский проспект, 13)

Проблемы звукоизоляции строящихся зданий

Приведены статистические данные экспериментальной оценки звукоизоляции строительных конструкций сорока одного современного здания. Проблемными являются изоляция воздушного шума межквартирных стен и изоляция ударного шума перекрытий. Для улучшения звукоизоляции строящихся зданий необходимо повысить качество конструктивных решений внутренних стен и междуэтажных перекрытий, а также ввести практику проверки звукоизоляционных качеств внутренних ограждающих конструкций на отдельных фрагментах до их массового устройства на объекте. В проектах должны применяться конструкции стен и полов, подтвердившие свою эффективность в лабораторных и реальных испытаниях.

Ключевые слова: звукоизоляция, воздушный шум, ударный шум, ограждающие конструкции, строительный контроль.

Для цитирования: Крышов С.И. Проблемы звукоизоляции строящихся зданий // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 8–10.

S.I. KRYSHOV, Candidate of Sciences (Engineering),
The Centre of Expertise, Research and Testing in Construction (GBU «TsEiIS») (109052, Moscow, Ryazansky prospect, 13)

Problems of sound insulation of buildings

In the article the statistical data of the experimental evaluation of sound insulation of building structures of forty-one modern building. The problem are the isolation of air noise of interroom walls and the impact noise of floors. To improve the sound insulation of buildings under construction is necessary to improve the quality of design solutions internal walls and intermediate floors. To use the practice of checking acoustic qualities of the internal walling to individual slices prior to their mass device at the site. In the draft should apply the design of walls and floors, confirming its effectiveness in laboratory and real-world testing

Keywords: sound insulation, airborne noise, impact noise, building envelope, building control.

For citation: Kryshov S.I. Problems of sound insulation of buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 8–10. (In Russian).

В 2016 г. Отдел экспертиз зданий и сооружений на соответствие теплотехническим и акустическим требованиям органа инспекции ГБУ «ЦЭИИС» выполнил 170 работ на объектах жилого, социального и административного назначения. Обследованы конструкции в тридцати трех жилых домах, трех ДОУ, одной школе, одном студенческом общежитии, одной гостинице и двух административных зданиях.

Испытания звукоизоляции проводятся по четырем направлениям [1–3]:

1. Изоляция транспортного шума светопрозрачными конструкциями (рис. 1).

При измерениях оценивается звукоизолирующая способность окон от воздействия транспортного шума. Проведено 44 испытания. Во всех случаях подтверждено соответствие установленным нормам.

Данные испытания актуальны для жилых домов, расположенных вблизи транспортных магистралей с повышенными уровнями шума у фасада здания (выше 75–80 дБА). Статистика проведенных испытаний относится к застройке в спальных районах, где дома располагаются либо в глубине квартала, либо вблизи улиц с небольшой интенсивностью движения транспорта.

2. Изоляция воздушного шума межквартирными стенами (рис. 2).

В панельных жилых домах из 18 испытанных конструкций межквартирных стен 16 соответствуют нормативным требованиям звукоизоляции (2 отрицательных результата).

В жилых зданиях с монолитным каркасом из двадцати-девяти испытанных конструкций стен 15 соответствуют нормам (14 отрицательных заключений).

В школах и детских садах проведено 12 испытаний стен и перегородок, отрицательных заключений – пять.

Панельные жилые дома в этой статистике выглядят намного лучше. Это связано с тем, что в панельных зданиях межквартирные стены являются несущими элементами, выполненными из железобетона (толщина бетона не менее 140 мм). Бетонные элементы такой массивности обеспечивают требуемый уровень звукоизоляции (50–52 дБА). Отдельные случаи несоответствия связаны с косвенной передачей звука, под которой понимается ухудшение изоляции из-за наличия мелких щелей, каналов, например для электропроводки, незаделанных отверстий и др.

В зданиях с монолитным каркасом пространство этажа разделяется межквартирными стенами. Стены должны обеспечить две функции: выделить пространство квартиры и обеспечить необходимую звукоизоляцию.

Требуемой звукоизоляцией обладает, например, каркасно-обшивная перегородка, состоящая из каркаса 100 мм с заполнением мягкой каменной или стекловатой и с обшивкой двумя слоями гипсокартона с каждой стороны. Недостатком такой конструкции является слабая защита от проникновения в квартиру [4–5].

Во многих случаях межквартирные стены выполняют из легкогобетонных блоков, используемых в наружных стенах, или реже из пазогребневых плит. Звукоизоляция таких



Рис. 1. Изоляция транспортного шума светопрозрачными конструкциями



Рис. 2. Изоляция воздушного шума межквартирными стенами



Рис. 3. Изоляция воздушного шума междуэтажными перекрытиями



Рис. 4. Изоляция ударного шума междуэтажными перекрытиями

конструкций заведомо ниже нормируемой (не превышает 40–45 дБА). Дополнительному снижению способствует наличие щелей в швах и примыканиях стен к верхнему перекрытию, т. е. качество строительных работ [6–7].

3. Изоляция воздушного шума междуэтажными перекрытиями (рис. 3).

В панельных жилых домах из 12 испытанных конструкций перекрытий 7 соответствуют нормативным требованиям звукоизоляции (5 отрицательных заключений).

В жилых зданиях с монолитным каркасом из 21 испытанного перекрытия 18 соответствуют нормам (3 отрицательных заключения).

В школах и детских садах проведено 11 испытаний перекрытий, отрицательных заключений нет.

Если толщина слоя железобетона в конструкции перекрытия не менее 140 мм, то теоретически конструкция обеспечивает требуемую звукоизоляцию между квартирами. Так как это условие в современном строительстве выполнено в большинстве случаев, то нарушения звукоизоляции связаны с путями косвенной передачи (трещины, щели, незаделанные должным образом отверстия и т. п.) и, следовательно, с качеством строительства [8].

4. Изоляция ударного шума междуэтажными перекрытиями (рис. 4).

Испытания проводятся в зданиях с отделкой, когда полностью выполнена конструкция пола.

На поверхности пола устанавливается ударная (топальная) машинка, металлические молоточки которой периодически ударяют по покрытию пола. Уровни шума в помещении под перекрытием характеризуют изоляцию ударного шума.

По статистике испытаний в зданиях с отделкой из 23 испытаний только 2 дали отрицательный результат. Внешне все выглядит достаточно благополучно, но только для линолеумных полов.

Простым, но эффективным покрытием является слой мягкого линолеума. Энергия удара молоточков топальной машины эффективно гасится таким мягким слоем. Если же убрать линолеум и на его место положить, например, кафельную плитку или ламинат, то результат испытаний будет отрицательным [9, 10].

Большее половины всех домов сдается без отделки. В дальнейшем жильцы этих домов выберут покрытие пола явно не из линолеума. Качество изоляции ударного шума полов, устроенных без учета строительного-акустических требований, будет неудовлетворительным.

Существует универсальное решение, позволяющее обеспечить требуемую изоляцию ударного шума при любом покрытии пола. Оно имеет название – «плавающий пол».

Суть его заключается в следующем: по несущей плите укладывается упругая прокладка, а поверх прокладки

устраивается стяжка. Между стяжкой и стенами помещения должна быть также уложена упругая прокладка, исключающая жесткий контакт стяжки со стенами по всему периметру. Толщина стяжки и материал упругой прокладки подбираются так, чтобы получить максимальный эффект изоляции. Покрытие пола в этом случае может быть любым.

Выводы и предложения по повышению звукоизоляции ограждающих конструкций строящихся гражданских зданий:

1. В проектах должны применяться конструкции стен и полов, подтвердившие свою эффективность в лабораторных и реальных испытаниях. К сожалению, существует немало рекламируемых конструкций, не подтверждающих свои звукоизоляционные качества на практике.

2. В коммерческих домах без отделки на перекрытиях следует устраивать все слои плавающего пола, кроме покрытия, т. е. упругую прокладку и стяжку.

3. Ввести практику проверки звукоизоляционных качеств внутренних ограждающих конструкций на отдельных фрагментах до их массового устройства на объекте.

Например, перед устройством полов по всему зданию выполнить их в отдельной квартире и провести испытания. В случае положительного результата это будет гарантией качества на всем объекте; если результат отрицательный, то должны быть внесены необходимые изменения.

Стройнадзор в дальнейшем может также проводить выборочные контрольные испытания на вводимом в эксплуатацию объекте, для того чтобы убедиться, что работы выполнены с надлежащим качеством на объекте в целом.

Список литературы

1. Спиридонов А.В., Цукерников И.Е., Шубин И.Л. Мониторинг и анализ нормативных документов в области внутреннего климата помещений и защиты от вредных воздействий. Ч. 3. Акустические факторы (шум, вибрация, инфразвук, ультразвук) // *Бюллетень строительной техники*. № 6. 2016. С. 8–11.
2. Шубин И.Л. Нормативные документы по энергосбережению и строительной акустике, разработанные НИИСФ РААСН // *Бюллетень строительной техники*. № 2. 2012. С. 7–13.
3. Анджелов В.Л., Пороженко М.А. Оценка и нормирование звукоизоляции ограждающих конструкций зданий // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. №3. С. 170–174.
4. Пороженко М.А., Минаева Н.А., Сухов В.Н. Оценка изоляции воздушного шума стеной с гибкой плитой на отnose // *Жилищное строительство*. 2016. №7. С. 54–56.
5. Минаева Н.А. Экспериментальные исследования звукоизоляции пазогребневых плит, обшитых гипсокартонными листами // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 194–197.
6. Анджелов В.Л. Проблемы обеспечения звукоизоляции ограждений монолитных жилых и общественных зданий // *Academia. Архитектура и строительство*. 2009. № 5. С. 193–195.
7. Анджелов В.Л., Анджелов Л.В., Любакова Е.В. Звукоизоляция конструкций для жилых зданий, выполненных из отдельных блоков // *Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и пути развития энергосбережения и защиты от шума в строительстве и ЖКХ»*. Москва–Будва. 2011. С. 215–218.
8. Анджелов В.Л., Анджелов Л.В. Звукоизоляция междуэтажных перекрытий современных крупнопанельных зданий // *Материалы международной научно-практической конференции «Энергосбережение и экология в строительстве и ЖКХ, транспортная и промышленная экология»*. Москва–Будва. 2010. С. 195–197.
9. Герасимов А.И., Никонова Е.В. Звукоизоляция акустически однородным перекрытием с покрытием из рулонных материалов // *Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы экологической безопасности и энергосбережения в строительстве и ЖКХ»*. Москва–Кавала. 2014. С. 173–177.
10. Горин В.А., Клименко В.В., Шнурникова Е.П. Изоляция ударного шума междуэтажными перекрытиями с паркетными полами // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 200–203.

References

1. Spiridonov A.V., Tsukernikov I.E., Shubin I.L. Monitoring and analysis of normative documents in the field of indoor climate and protection from harmful influences. Part 3. The acoustical factors (noise, vibration, infrasound, ultrasound). *Bulletin of construction equipment*. 2016. No. 6, pp. 8–11.
2. Shubin I.L. Normative documents on energy efficiency and building acoustics, designed NISF RAASN. *Bulletin of construction equipment*. 2012. No. 2, pp. 7–13.
3. Angelov V.L., Poroshenko M.A. Assessment and regulation of sound insulation of enclosing structures of buildings. *Academia. Architecture and construction*. 2010. No. 3, pp. 170–174. (In Russian).
4. Poroshenko M.A., Minaeva N.A., Sukhov V.N. Evaluation of airborne sound insulation of a wall with a flexible plate on the relative. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo*. 2016. No. 7, pp. 54–56. (In Russian).
5. Minaeva N.A. Experimental researches of sound insulation of gypsum slabs, covered with sheets of drywall. *Academia. Architecture and construction*. 2010. No. 3, pp. 194–197. (In Russian).
6. Angelov V.L. The problem of providing sound insulation fences residential and public buildings. *Academia. Architecture and construction*. 2009. No. 5, pp. 193–195. (In Russian).
7. Angelov V.L., Angelov L.V., Lyubakova E.V. Sound insulation for residential buildings made of individual units. *Materials of international scientific-practical conference «Problems and ways of development of energy saving and noise protection in building and housing and communal services»*. Moscow–Budva. 2011, pp. 215–218. (In Russian).
8. Angelov V.L., Angelov L.V. Soundproofing interfloor overlappings of modern large-panel buildings. *Materials of international scientific-practical conference «energy Saving and ecology in the construction, housing and utilities, transport and industrial ecology»*. Moscow–Budva. 2010, pp. 195–197.
9. Gerasimov A.I., Nikonova E.V. Soundproofing acoustically homogeneous slab with a coating of rolled materials. *Materials of international scientific-practical conference «Problems of ecological safety and energy saving in construction and housing and communal services»*. Moscow–Kavala. 2014, pp. 173–177.
10. Gorin V.A., Klimenko V.V., Shnurnikova E.P. Insulation impact noise interfloor overlappings with parquet floors. *Academia. Architecture and construction*. 2010. No. 3, pp. 200–203. (In Russian).

УДК 728.001

С.Н. ОВСЯННИКОВ, д-р техн. наук, П.Н. СЕМЕНЮК, канд. техн. наук,
А.Н. ОВСЯННИКОВ, канд. техн. наук, В.Н. ОКОЛИЧНЫЙ, канд. техн. наук (okolichnyi@mail.ru)
Томский государственный архитектурно-строительный университет (634003, г. Томск, Соляная пл., 2)

Объемно-планировочные, конструктивные и инженерные решения каркасной универсальной полноборной архитектурно-строительной системы

Рассматриваются особенности объемно-планировочных решений новой каркасной универсальной полноборной архитектурно-строительной системы КУПАСС, разработанной по проекту 02.G25.31.002 Минобразования России «Разработка и запуск в производство технологии строительства энергоресурсосберегающего жилья экономического класса на основе универсальной полноборной каркасной конструктивной системы». Система КУПАСС является сейсмостойкой и выгодно отличается универсальностью от существующих бескаркасных и каркасных архитектурно-строительных систем, позволяет проектировать из унифицированных конструктивных элементов как жилые, так и общественные здания различного функционального назначения с самыми разнообразными объемно-планировочными решениями и конструктивными решениями, которые обладают высокой энергоэффективностью.

Ключевые слова: объемно-планировочные решения, жилые здания, общественные здания, каркасная универсальная сейсмостойкая система, встроенно-пристроенные помещения, свободные планировочные решения, энергоэффективность.

Для цитирования: Овсянников С.Н., Семенюк П.Н., Овсянников А.Н., Околичный В.Н. Объемно-планировочные, конструктивные и инженерные решения каркасной универсальной полноборной архитектурно-строительной системы // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 11–19.

S.N.OVSYANNIKOV, Doctor of Sciences (Engineering), P.N. SEMENYUK, Candidate of Sciences (Engineering),
A.N. OVSYANNIKOV, Candidate of Sciences (Engineering), V.N. OKOLICHNY, Candidate of Sciences (Engineering), (okolichnyi@mail.ru)
Tomsk State University of Architecture and Building (2, Solyanaya Square, 634003 Tomsk, Russian Federation)

Space-Planning, Structural and Engineering Decisions of Frame Universal Prefabricated Architectural-Construction System

The article discusses the features of space-planning decisions of a new frame universal prefabricated architectural-construction system CUPASS developed according to the project 02.G25.31.002 of the Ministry of Education of Russia "Development and launch of construction technology of energy-saving housing of economic class on the basis of universal prefabricated frame structural system". The CUPASS system is earthquake resistant and has an obvious universality advantage over the existing frameless and frame architectural-construction systems that make it possible to design, on the basis of unified structural elements, both residential and public buildings of different functional purposes with a variety of spatial-planning and structural decision which have high energy efficiency.

Keywords: space-planning decisions, residential buildings, public buildings, earthquake resistant frame universal system, built-in and attached premises, free planning decisions, energy efficiency.

For citation: Ovsyannikov S.N., Semenyuk P.N., Ovsyannikov A.N., Okolichny V.N. Space-planning, structural and engineering decisions of frame universal prefabricated architectural-construction system. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 11–19. (In Russian).

В настоящее время для строительства гражданских зданий применяются три основные архитектурно-строительные системы: крупнопанельная бескаркасная, каркасно-панельная сборная и каркасно-моноклитная. Все они имеют свои конструктивные особенности, плюсы и минусы. Объемно-планировочные решения в значительной степени зависят от шага и пролета основных несущих конструкций – стен или элементов каркаса.

Каркасная универсальная полноборная архитектурно-строительная система (КУПАСС) сочетает в себе новые конструктивные решения полноборного и сейсмостойкого каркаса здания [1–7], наружные конструкции с высокой теплозащитой [8], современные инженерные системы жизне-

обеспечения [9]. Производство конструктивных элементов основано на разработанных новых рецептурах и технологиях производства высокомарочных тяжелых и легких конструкционных бетонов [6–7]. Система КУПАСС имеет целый ряд функциональных, объемно-планировочных и конструктивных преимуществ по сравнению с используемыми сегодня домостроительными системами.

Так, для сейсмостойких крупнопанельных жилых домов наиболее характерна бескаркасная перекрестно-стенная конструктивная схема с несущими внутренними поперечными и одной или несколькими средними продольными стенами. При сейсмичности до 6 баллов предпочтительна поперечно-стенная конструктивная схема со смешанным

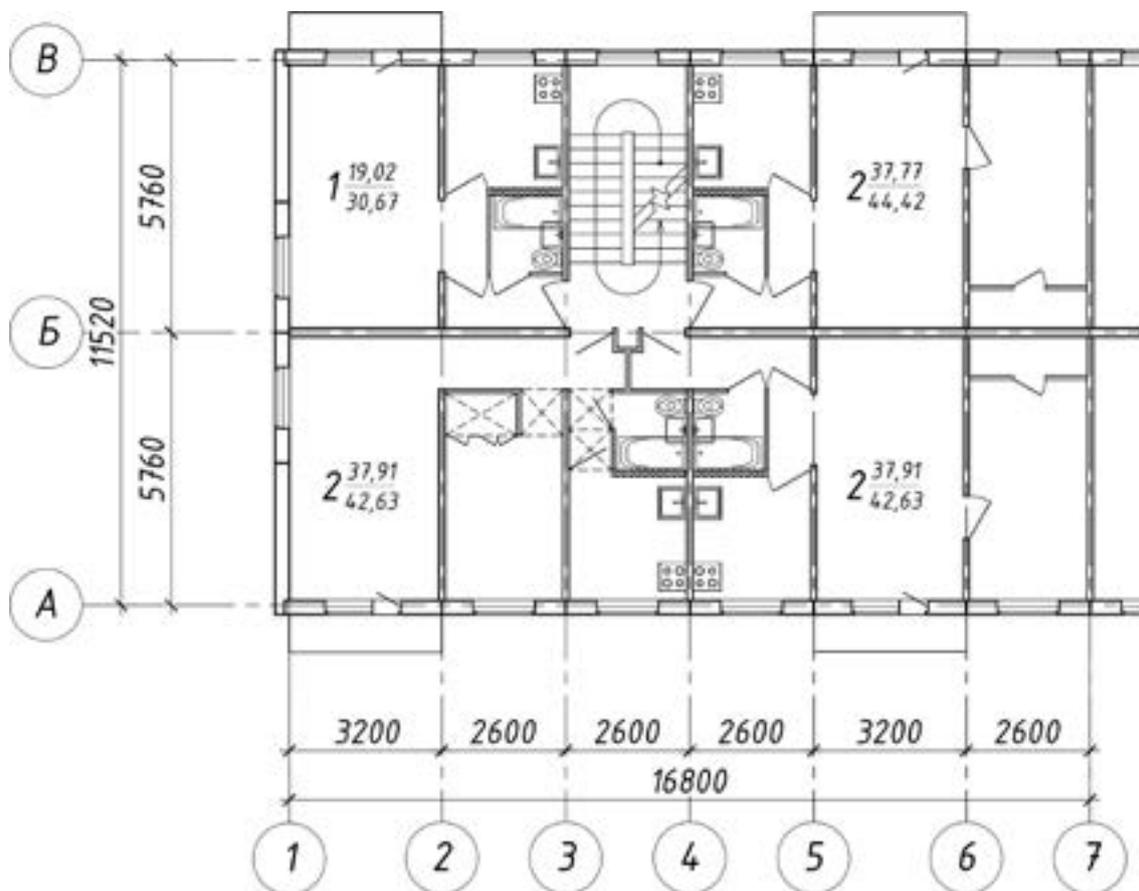


Рис. 1. Планировочное решение крупнопанельного жилого дома 464-й серии

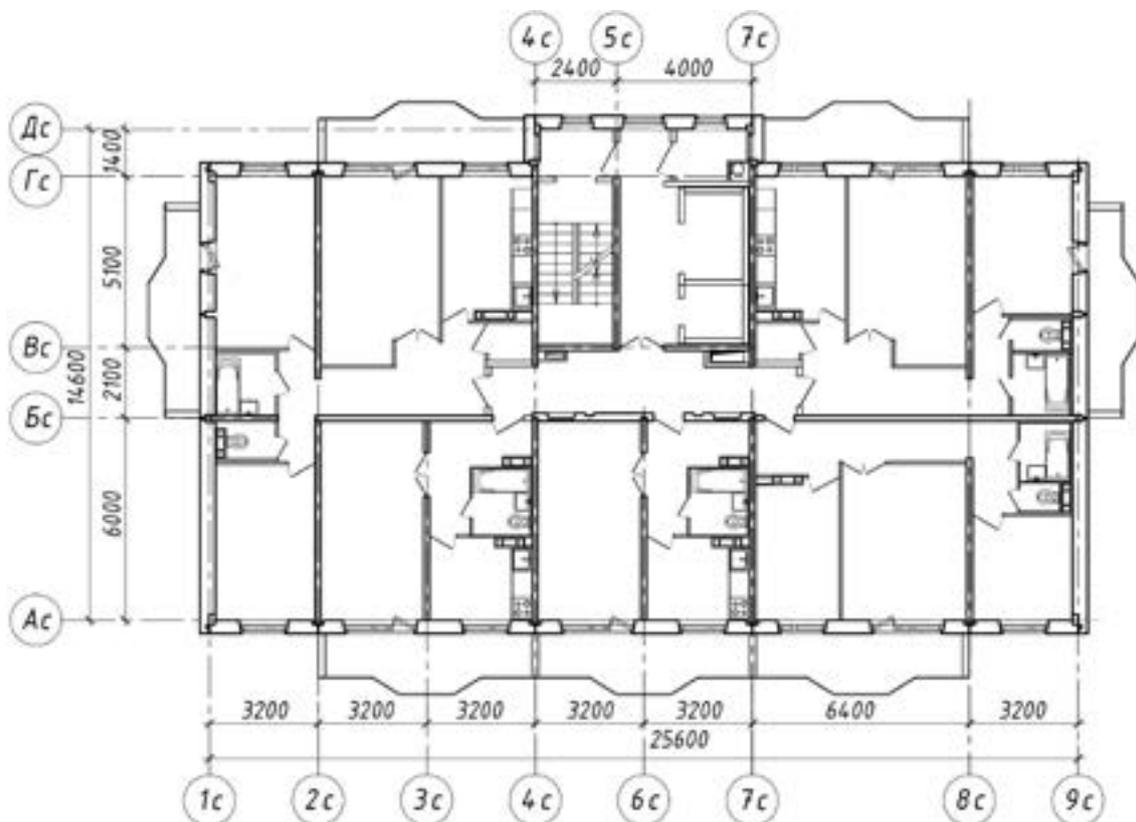


Рис. 2. Планировочное решение крупнопанельного жилого дома 75-й серии

шагом несущих поперечных стен. Наружные продольные стены при этой схеме, как правило, являются самонесущими. При этом для домов первых массовых серий характерен был малый шаг поперечных несущих стен (2,6 и 3,2 м) и пролет 5,1 м. Для современных серий крупнопанельных жилых домов шаг увеличен до 3,2–6,4 м, а пролеты до 6 м. При таких размерах площади помещений не могут быть большими, а планировочные решения не отличаются разнообразием (рис. 1, 2). Известны основные недостатки планировочных решений домов первых массовых серий: наличие проходных комнат, совмещенные санузлы, маленькие кухни и жилые комнаты, практически отсутствие прихожей. В современных сериях крупнопанельных домов данные недостатки устранены, но планировка квартир в таких домах отличается однообразием, отсутствием свободы архитектурных решений. Кроме того, во встроенных помещениях таких домов в рамках существующих несущих стен очень трудно разместить помещения общественного назначения, требующие больших площадей и различных функциональных взаимосвязей.

Каркасные архитектурно-строительные системы имеют значительно большую свободу планировочных решений. В практике строительства получили наибольшее распространение полносборные серии: 1.020-1/87 (ИИ 04); КУБ 2,5 и КАСКАД (Томская домостроительная компания). Основными несущими элементами в этих системах являются колонны, шаг и пролет которых составляют: в серии 1.020-1/87 (ИИ 04) – 6 м (3 м); в КУБе 2,5 – 3 и 6 м; в КАСКАДе – от 3 до 6,3 м. Система КУБ 2,5 является безригельной, а 1.020-1/87 (ИИ 04) и КАСКАД – ригельными. Данные конструктивные особенности и определяют предельные значения шага и пролета колонн. При этом система 1.020-1/87 (ИИ 04) изначально разрабатывалась для проектирования

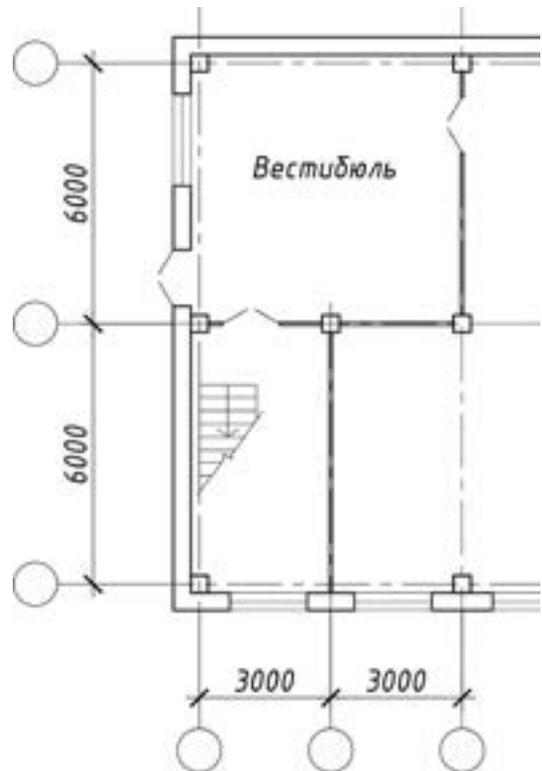


Рис. 3. Фрагмент план этажа здания системы 1.020-1/87 (ИИ 04)

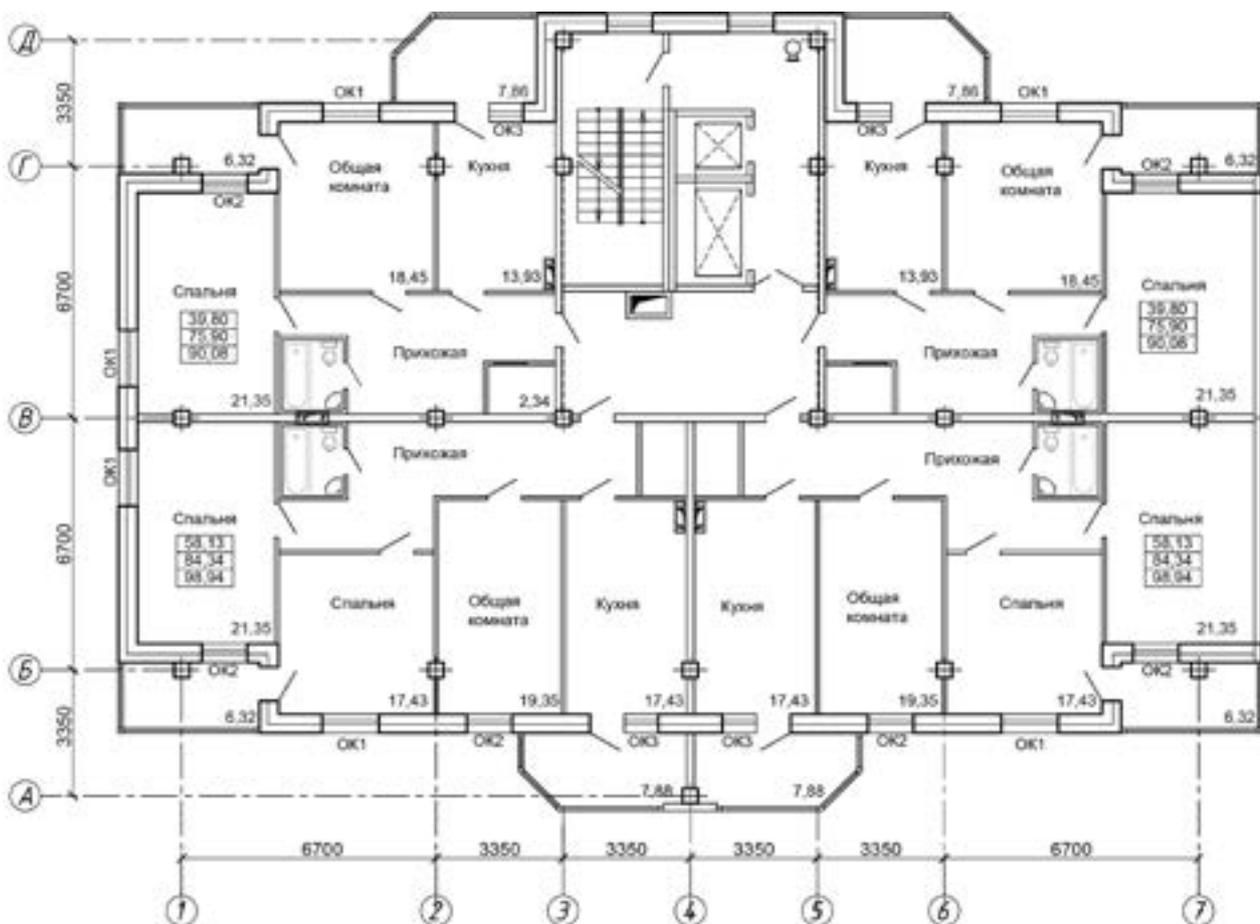


Рис. 4. Планировочное решение жилого дома системы КУБ 2,5

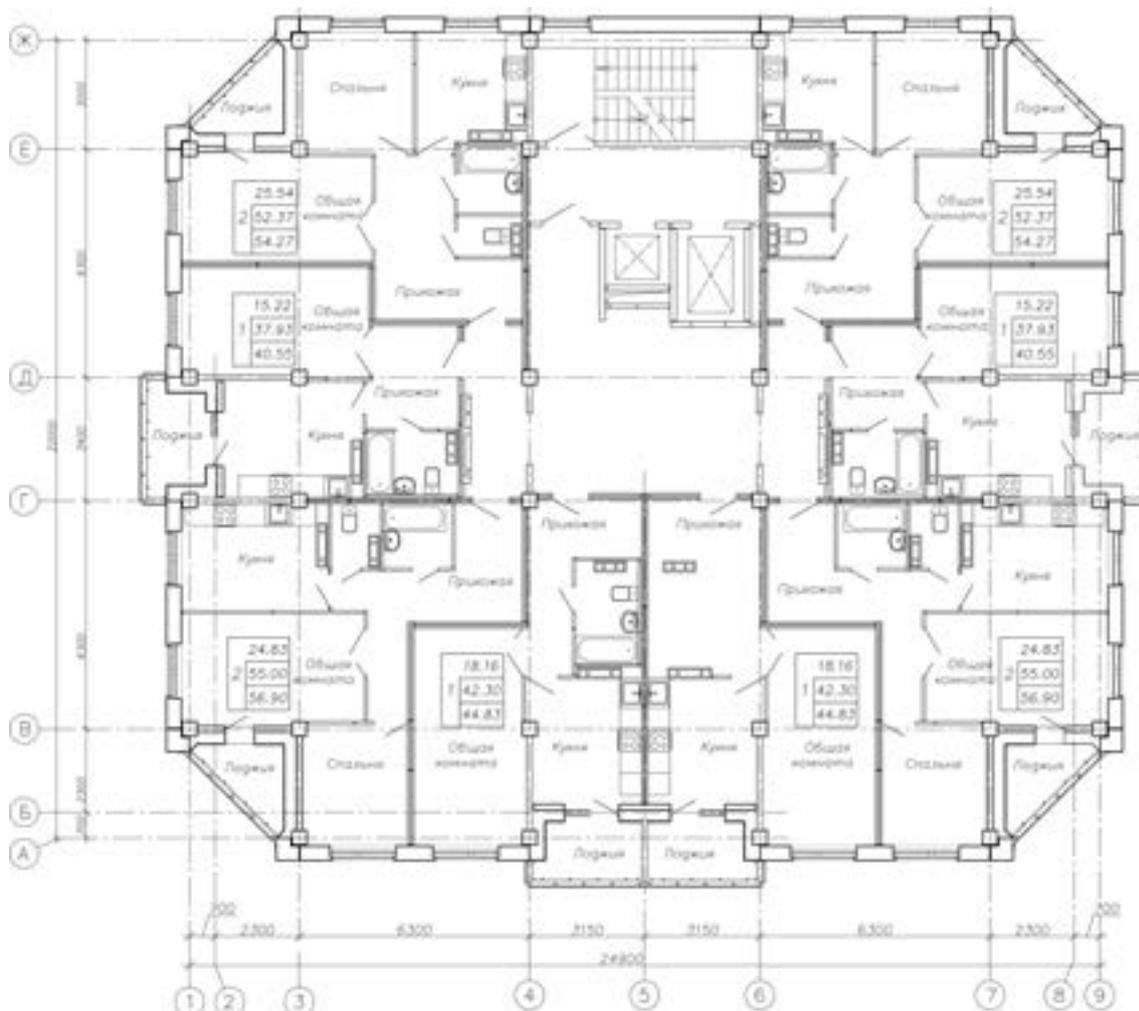


Рис. 5. План типового этажа жилого дома системы КАСКАД

и строительства общественных и производственных зданий (рис. 3), а системы КУБ 2,5 и КАСКАД – для жилых зданий с возможностью устройства в них встроенно-пристроенных помещений общественного назначения (рис. 4, 5).

В данных системах свобода планировочных решений обеспечена отсутствием несущих поперечных и продольных стен. При этом если в системах 1.020-1/87 (ИИ 04) и КУБ 2,5 остаются неизменными шаг и пролет, то в системе КАСКАД можно изменять величину шага, пролета и конфигурацию самого здания, что позволяет получать более гибкие планировочные решения.

Рассмотренные каркасные архитектурно-строительные системы имеют хорошие планировочные возможности, но заложенные в них конструктивные решения не являются достаточно универсальными и не позволяют их использовать одинаково для строительства как жилых, так и общественных зданий.

Каркасная универсальная полносборная архитектурно-строительная система КУПАСС разработана в Томском государственном архитектурно-строительном университете (ТГАСУ) совместно с ОАО «Томская домостроительная компания» (ОАО ТДСК) при участии АО «Иркутский Промстройпроект». Эта система позволяет из одного и того же набора строительных конструкций проектировать и строить жилые и общественные здания различного назначения. При

принятом шаге колонн 6,7 м пролет может быть от 2,1 до 7,2 м. Используемая сетка колонн может быть и больше, при этом планировочные решения помещений и здания в целом могут быть самыми разнообразными, зависящими только от требований заказчика, назначения и фантазии архитектора (рис. 6–11).

Особенностью конструктивной системы КУПАСС является технология сборки узлов соединения основных несущих элементов с применением обжимных муфт [10], до настоящего времени применявшаяся только в монолитном строительстве. Для сборного домостроения использование данной технологии потребовало исследований деформаций и перемещений элементов, возникающих в процессе обжатия муфт. Подбор обжимного оборудования, режимов и разработка специальной технологической оснастки позволили решить данную проблему и существенно уменьшить объемы сварочных работ при монтаже. Еще одной особенностью конструктивной системы КУПАСС является использование специальных резинометаллических опор, позволяющих увеличить сейсмостойкость жилого дома до 8 баллов. При этом сам рамно-связевый каркас обеспечивает сейсмостойкость зданий в 7 баллов, что позволяет использовать данную архитектурно-конструктивную систему на большей части территории Сибири без дополнительной сейсмоизоляции.

Для апробации системы КУПАСС были запроектированы 12-этажный трехсекционный дом-представитель (рис. 12) и 3-этажный односекционный испытательный фрагмент здания (рис. 13).

При разработке новой архитектурно-строительной системы для жилищного строительства в суровом климате Сибири изначально была поставлена задача обеспечить наивысший класс энергосбережения. Эта задача была обеспечена принципиально новыми конструктивными решениями наружных стен, применением окон с высоким сопротивлением теплопередаче и использованием системы автоматизированного управления и учета потребления тепловых ресурсов в сочетании с рекуперацией тепловой энергии удаляемого воздуха в системе вентиляции.

При решении наружных стен применена система поэтажного опирания наружных стеновых панелей на специальные конструктивные элементы – терморазрывы, что позволило максимально облегчить конструкции наружных стен и при этом увеличить толщину эффективного утеплителя (пенополистирол ПСБС-25) до 240 мм. В панелях отсутствуют жесткие ребра, в противопожарных целях по контуру проемов и самих панелей при изготовлении панелей на стенде устанавливаются вкладыши из полужесткой минераловатной плиты. Панели имеют наружную и внутреннюю керамзитобетонные ветви толщиной 80 мм каждая и связаны между собой стеклопластиковыми гибкими связями; общая толщина панелей 400 мм. Панели изготавливаются на заводе на технологической линии «Weckenmapп». Конструкции наружных

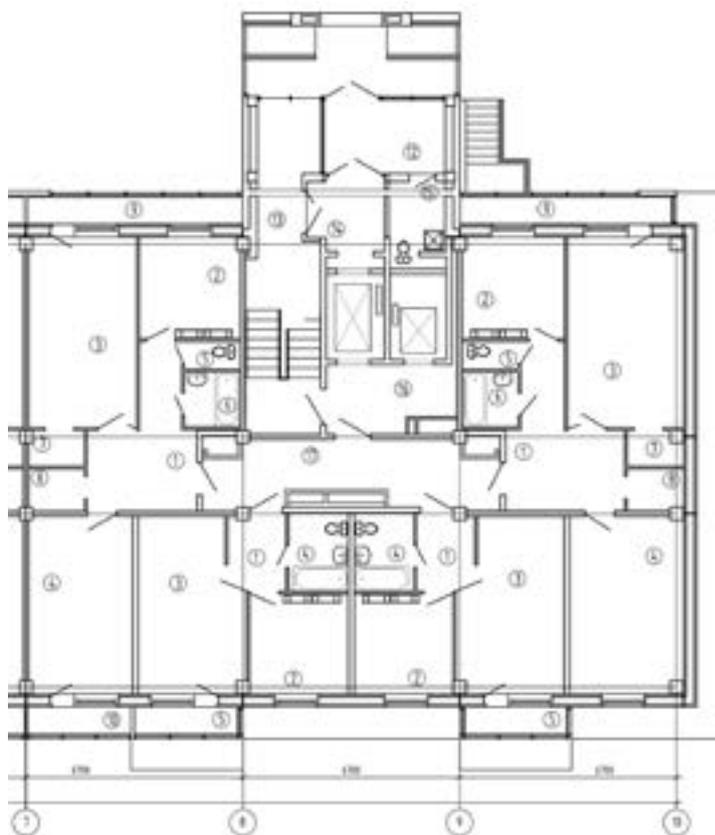


Рис. 6. План первого этажа жилого дома системы КУПАСС

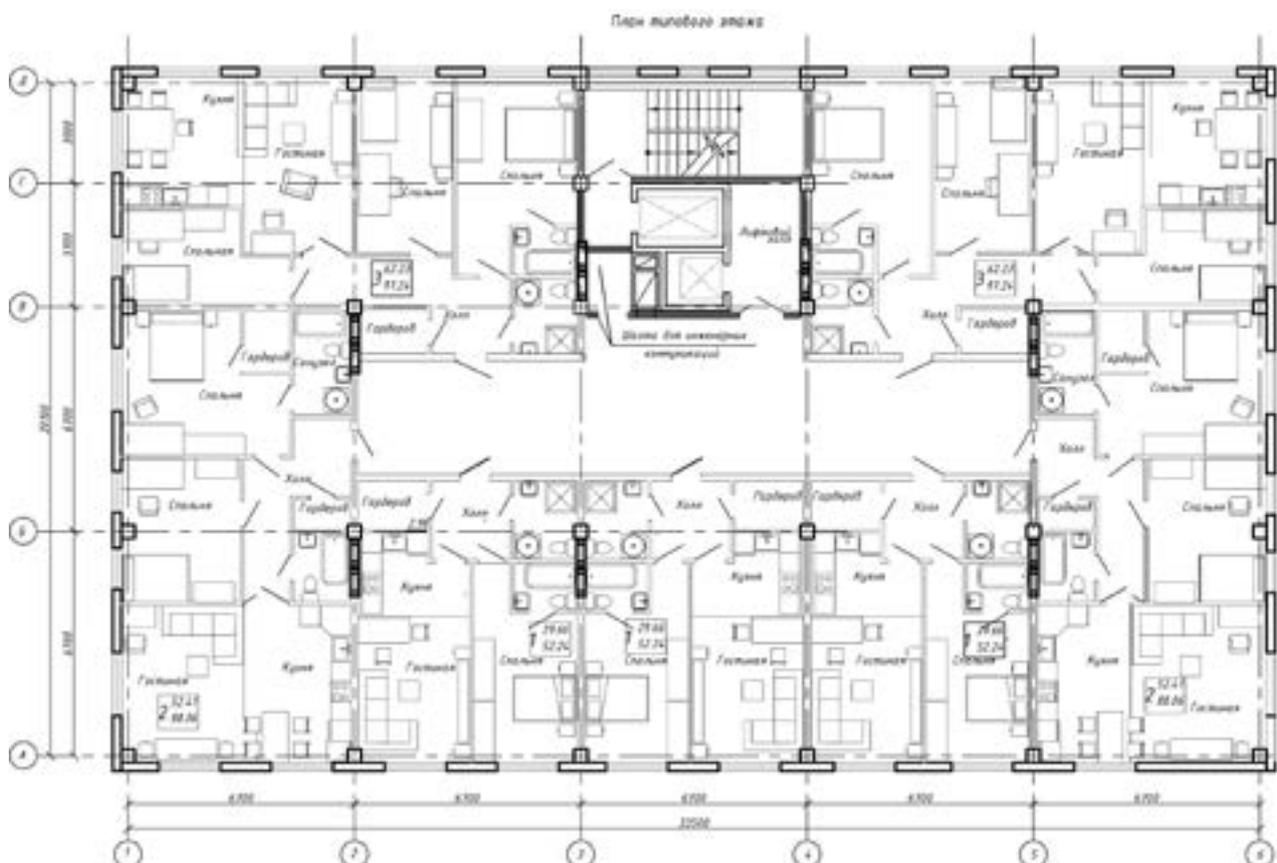


Рис. 7. План типового этажа жилого дома системы КУПАСС

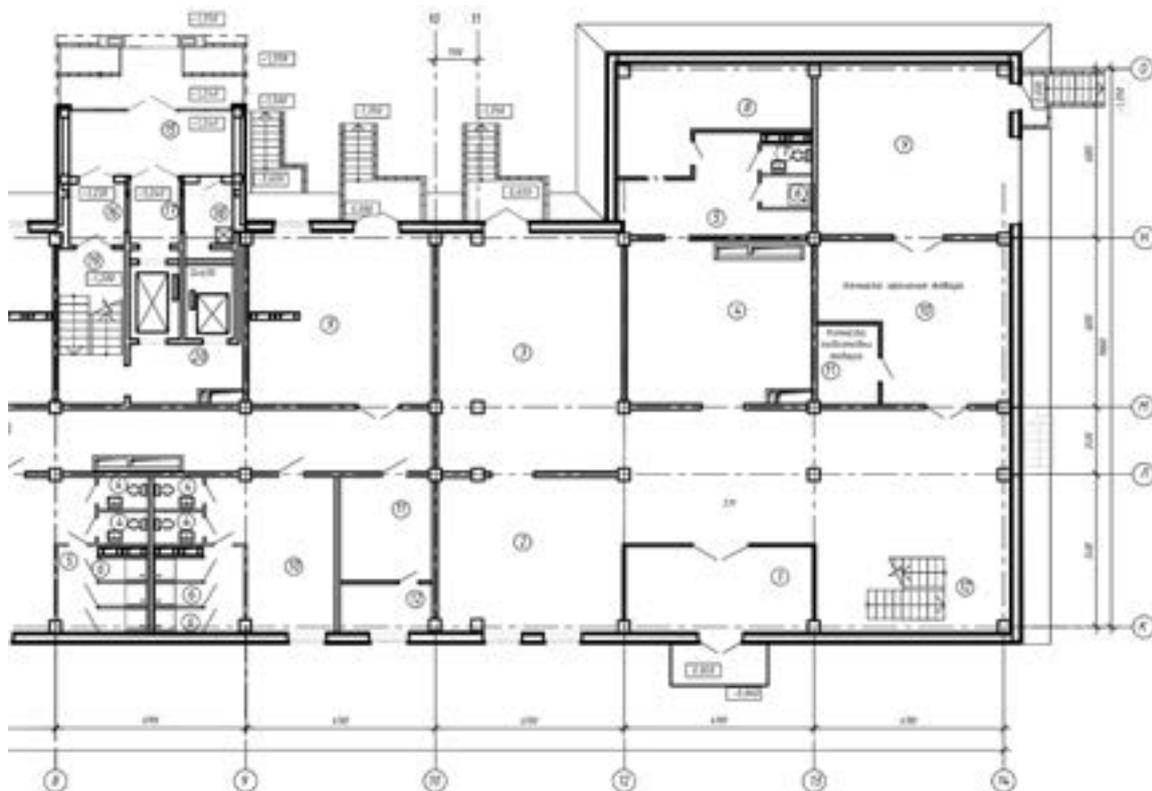


Рис. 8. План первого этажа жилого дома системы КУПАСС с размещением помещений соцкультбыта

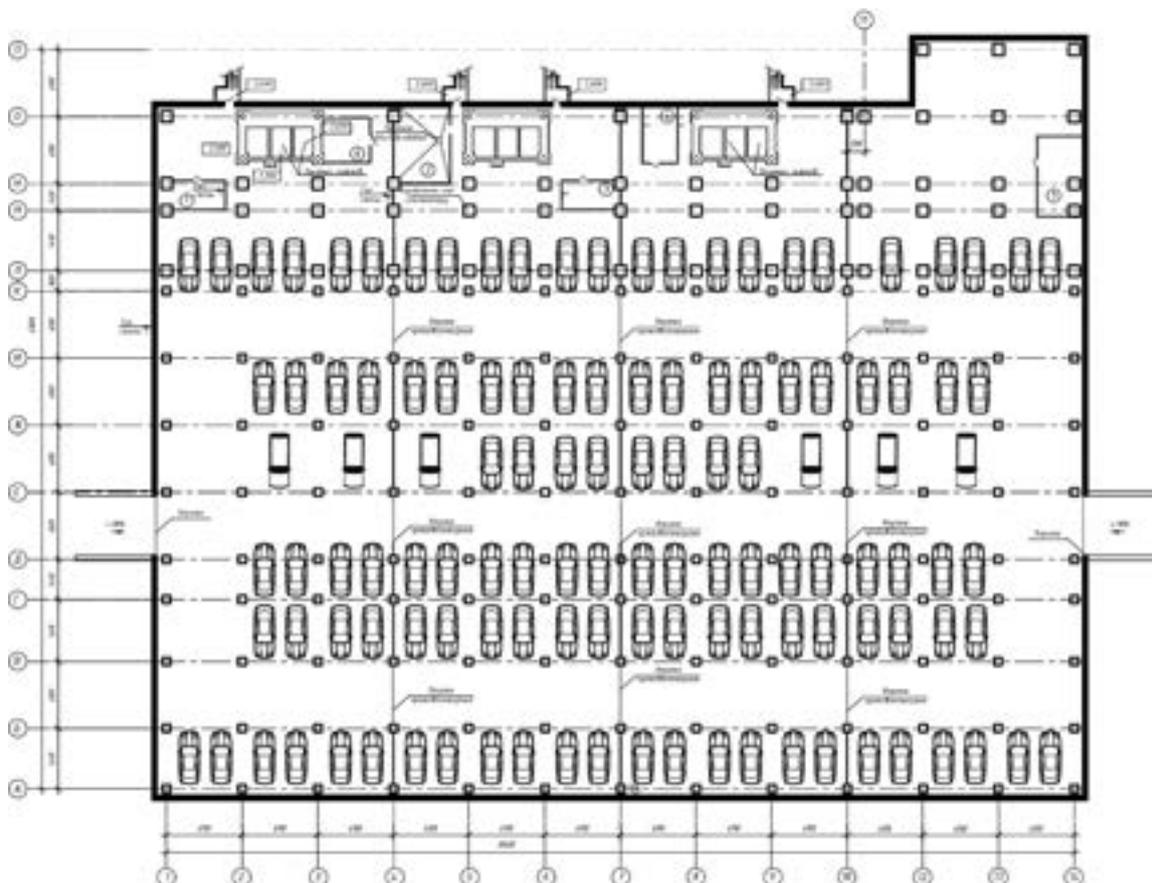


Рис. 9. План подземной парковки под жилым домом системы КУПАСС



Рис. 12. Общий вид трехсекционного дома-представителя системы КУПАСС

стенных панелей обеспечивают приведенное сопротивление теплопередаче $3,88 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, что было установлено расчетами трехмерных температурных полей в программе Tempreg 3D, а затем подтверждено лабораторными испытаниями в климатических камерах ТГАСУ и в натурных условиях на трехэтажном испытательном фрагменте. Фрагмент здания специально построен ОАО «Томская домостроительная компания» для проведения сейсмических и статических силовых испытаний, а также для проведения теплофизических, акустических и светотехнических исследований, которые были выполнены совместно с ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и НИИСФ РААСН [11, 12].

Увеличение тепловой защиты наружных ограждающих конструкций позволяет достичь в многоэтажных многоквартирных зданиях класса энергосбережения до «В+». Дальнейшее увеличение класса энергосбережения достигается энергоэффективными системами отопления и вентиляции. В системе КУПАСС применены специальные коммуникационные шахты, расположенные в лестничной клетке, в которых размещены стояки не только водоснабжения и канализации, но и отопления. Применение вертикально-горизонтальной системы отопления позволяет установить приборы учета и управления потреблением тепла на каждую квартиру. Это позволяет мотивировать потребителей в экономии тепла. В каждой квартире установлены гигрорегулируемые приточные клапаны, обеспечивающие автоматическое управление воздухообменов в зависимости от присутствия людей. Эта система в сочетании с принудительным удалением воздуха через вентиляционные шахты в специальную венткамеру с рекуператором позволяет существенно снизить теплопотери, связанные с неорганизованным воздухообменом. Использование

Список литературы

1. Овсянников С.Н., Околичный В.Н. Новая каркасная универсальная полносборная сейсмостойкая конструктивная система. *Инвестиции, строительство и недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: Материалы Пятой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 10–13 марта 2015 г.* Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. С. 36–43.



Рис. 13. Общий вид испытательного фрагмента здания системы КУПАСС

рекуператора позволяет обеспечить теплом лестнично-лифтовой узел блок-секции. Применение ограждающих конструкций с высоким приведенным сопротивлением теплопередаче в сочетании с энергоэффективным инженерным оборудованием позволило получить расчетный показатель теплопотребления запроектированным домом-представителем $q_{\text{от}}^0 = 0,06 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$, что значительно ниже нормативной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию многоквартирных 12-этажных зданий по СП 50.13330.2012 $q_{\text{от}}^1 = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$. В соответствии с энергетическим паспортом 12-этажное здание дома-представителя по системе КУПАСС следует отнести к классу энергосбережения А++ (очень высокий).

Каркасная универсальная полносборная архитектурно-строительная система КУПАСС позволяет проектировать и строить современные здания самого разнообразного функционального назначения, а учитывая, что эта система отличается легкостью монтажа конструктивных элементов, возможностью строительства зданий в сейсмических районах, а также высоким классом энергосбережения и архитектурно-художественной выразительностью, она получит широкое распространение.

References

1. Ovsyannikov S.N., Okolichny V.N. New frame universal prefabrication aseismic constructive system. *Investments, construction and real estate as material basis of modernization and innovative development of economy: materials of the Fifth All-Russian scientific and practical conference with the international participation, on March 10–13, 2015.* Tomsk State architectural and construction university. 2015, pp. 36–43. (In Russian).

2. Копаница Д.Г., Капарулин С.Л., Данильсон А.И., Устинов А.М., Усеинов Э.С., Шашков В.В. Динамическая прочность и деформативность узла сопряжения железобетонного каркаса // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2015. № 5 (52). С. 57–63.
3. Балдин И.В., Гончаров М.Е., Балдин С.В., Тигай О.Ю. Экспериментальные исследования стыков сборных железобетонных колонн каркаса конструктивной системы «КУПАСС» на действие статических нагрузок // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2015. № 5 (52). С. 64–71.
4. Балдин И.В., Уткин Д.Г., Балдин С.В. Исследование работы узлов сопряжения колонны и несущих ригелей системы «КУПАСС» // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2015. № 5 (52). С. 72–79.
5. Кабанцев, О.В., Гонтарук, А.А. О некоторых особенностях поведения сейсмостойких зданий в зонах тектонических нарушений (на примере Шикотанского 1994 г. землетрясения). *Вторая Национальная конференция по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию*. Сочи. 1997. Октябрь. С. 9–10.
6. Шешенко А.Б., Кудряков А.И. Оптимизация технологических приемов приготовления пенобетонной смеси // *Актуальные проблемы современности*. 2016. № 2 (12). С. 197–202.
7. Кудряков А.И., Абакумов А.Е. Технологические решения производства керамзитового гравия повышенной прочности из глинистого сырья Томской области // *Вестник Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева*. 2016. Ч. 2. № 4 (113). С. 404–410.
8. Овсянников С.Н., Самохвалов А.С. Теплотехнические и звукоизоляционные характеристики наружных и внутренних ограждающих конструкций зданий системы КУПАСС. *Инвестиции, строительство и недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: Материалы VI Международной научно-практической конференции*. Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. Ч. 2. С. 48–53.
9. Куликов В.В., Толстых А.В., Пенявский В.В. Сравнение энергоэффективности различных вариантов организации вентиляции в зданиях // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2015. № 5 (52). С. 151–161.
10. Осипов С.П., Клименов В.А., Батранин А.В., Штейн А.М., Прищепа И.А. Применение цифровой радиографии и рентгеновской вычислительной томографии при исследовании строительных конструкций и в строительном материаловедении // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2015. № 6. С. 116–127.
11. Бубис А.А., Петросян А.Е., Петряшев Н.О., Петряшев С.О. Натурные динамические испытания на сейсмостойкость архитектурно-строительной системы КУПАСС // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2016. № 2. С. 13–23.
12. Умнякова Н.П., Егорова Т.С., Андрейцева К.С., Смирнов В.А., Лобанов В.А. Новое конструктивное решение сопряжения наружных стен с монолитными междуэтажными перекрытиями и балконными плитами // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 28–31.
2. Kopanitsa D.G., Kaparulin S.L., Danilson A.I., Ustinov A.M., Useinov E.S., Shashkov V.V. Dynamic durability and deformability of knot of interface of a reinforced concrete framework. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2015. No. 5 (52), pp. 57–63. (In Russian).
3. Baldin I.V., Goncharov M.E., Baldin S.V., Tigay O.Yu. Pilot studies of joints of combined reinforced concrete columns of a framework of the constructive KUPASS system on action of static loadings. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2015. No. 5 (52), pp. 64–71. (In Russian).
4. Baldin I.V., Utkin D.G., Baldin S.V. A research of work of knots of interface of a column and the bearing crossbars of the KUPASS system. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2015. No. 5 (52), pp. 72–79. (In Russian).
5. Kabantsev O.V., Gontaruk A.A. About some features of behavior of aseismic buildings in zones of tectonic violations (on the example of the Shikotan 1994 of an earthquake). *Second National conference on aseismic construction and seismic division into districts*. Sochi. 1997. October, pp. 9–10. (In Russian).
6. Steshenko A.B., Kudyakov A.I. Optimization of processing methods of preparation of foam-concrete mix. *Aktual'nye problemy sovremennosti*. 2016. No. 2 (12), pp. 197–202. (In Russian).
7. Kudyakov A.I., Abakumov A.E. Technology solutions of production of ceramsite gravel of the increased durability from clay raw materials of the Tomsk region. *Vestnik Evraziiskogo natsional'nogo universiteta im. L.N. Gumileva*. 2016. Part 2, No. 4 (113), pp. 404–410. (In Russian).
8. Ovsyannikov S.N., Samokhvalov A.S. Heattechnical and sound-proof characteristics of the external and internal protecting structures of buildings of the KUPASS system. *Investments, construction and real estate as material basis of modernization and innovative development of economy: materials VI of the International scientific and practical conference*. Tomsk state architectural and construction university, 2016. Part 2, pp. 48–53. (In Russian).
9. Kulikov V.V., Tolstykh A.V., Penyavskii V.V. Comparison of an enegeeffektivnost of various options of the organization of ventilation in buildings. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2015. No. 5 (52), pp. 151–161. (In Russian).
10. Osipov S.P., Klimenov V.A., Batranin A.V., Shteyn A.M., Prishchepa I.A. Application of digital radiography and a x-ray computing tomography at a research of building constructions and in construction materials science. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2015. No. 6, pp. 116–127. (In Russian).
11. Bubis A.A., Petrosyan, A.E., Petryashev, N.O., Petryashev S.O. Natural dynamic tests for seismic stability of the KUPASS architectural and construction system. *Seismostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii*. 2016. No. 2, pp. 13–23. (In Russian).
12. Umnyakova N.P., Egorova T.S., Andrejceva K.S., Smirnov V.A., Lobanov V.A. New constructive solution of interface of external walls to monolithic interfloor overlappings and balcony plates. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials]. 2013. No. 6, pp. 28–31. (In Russian).

УДК 69

А.Ю. НЕКЛЮДОВ, канд. техн. наук (a.yu.neklyudov@gmail.com)

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

Неразрешенные вопросы методики расчета энергетической эффективности зданий

Рассмотрен показатель удельного годового расхода энергетических ресурсов, отражающий удельный расход энергетических ресурсов на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на электроснабжение в части расхода электрической энергии на общедомовые нужды, закрепляемый Приказом от 6 июня 2016 г. № 399/пр «Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов». При анализе механизма определения этого показателя показано отсутствие влияния ряда факторов, номинально входящих в закрепленный показатель. Показано, что удельный годовой расход энергетических ресурсов характеризует энергетическую эффективность зданий только частично. Предложена функциональная зависимость для комплексной оценки энергетической эффективности здания. Представлен критический вывод о фактическом воздействии положений указанного приказа на корректную оценку энергетической эффективности зданий.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, класс энергоэффективности, удельный годовой расход энергоресурсов, общедомовые нужды, инженерные системы, санитарно-гигиенические требования, микроклимат, ограждающие конструкции, теплопередача, трансмиссионные тепловые потери.

Для цитирования: Неклюдов А.Ю. Неразрешенные вопросы методики расчета энергетической эффективности зданий // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 20–23.

A.Yu. NEKLYUDOV, Candidate of Sciences (Engineering) (a.yu.neklyudov@gmail.com)
Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences
(21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Unresolved Issues of Methods for Calculation of Energy Efficiency of Buildings

The indicator of specific annual energy resources consumption reflecting the specific energy resources consumption for heating, ventilation, hot water supply as well as for electric supply in the part of electric energy consumption for communal needs fixed in the Order of June 6, 2016, № 399 "On approval of rules of determining the class of energy efficiency of apartment houses" is considered. When analyzing the mechanism of determination of this indicator, the absence of influence of some factors, nominally included in this fixed indicator, is shown. It is shown that the specific annual consumption of energy resources characterizes the energy efficiency of buildings partially only. A functional dependence for complex evaluation of energy efficiency of the building is proposed. The critical conclusion about the factual impact of this Order on the correct evaluation of energy efficiency of buildings is presented.

Keywords: energy saving, energy efficiency, class of energy efficiency, specific annual consumption of energy resources, communal needs, engineering systems, sanitary-hygienic requirements, microclimate, enclosing structures, heat transfer, transmission heat losses.

For citation: Neklyudov A.Yu. Unresolved issues of methods for calculation of energy efficiency of buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 20–23. (In Russian).

На тему энергетической эффективности здания уже написано множество работ, например [1–9].

Приказом от 6 июня 2016 г. № 399/пр «Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» установлены правила определения класса энергетической эффективности жилых многоквартирных зданий, которые строятся на основании значений «показателя удельного годового расхода энергетических ресурсов, отражающего удельный расход энергетических ресурсов на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на электроснабжение в части расхода электрической энергии на общедомовые нужды», выражаемого в кВт·ч/м².

Согласно Федеральному закону от 23.11.2009 № 261-ФЗ (с учетом редакций) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

энергетическая эффективность – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю, т. е. величины, выражаемые в единицах, характеризующих полезный эффект, отнесенные к единицам энергии. При этом энергосбережение – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг). Получается, что закрепляемый в Приказе от 6 июня 2016 г. № 399/пр показатель можно рассматривать, как некую характеристику, которая описывает энергетическую эф-

фективность продукции – здания, только в том случае, если под полезным эффектом понимать площадь помещений здания, а под затратами энергетических ресурсов – годовой расход энергии, требуемой для работы систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и электроснабжения оборудования мест общего пользования. Основное же допущение при использовании подобного показателя состоит в том, что затраты энергетических ресурсов, произведенные в целях получения указанного полезного эффекта, определены не полностью.

Так какой же комплекс может достоверно определить энергетическую эффективность здания? Как для этого корректно применить правила Приказа от 6 июня 2016 г. № 399/пр?

Здание в качестве продукции

При рассмотрении здания в качестве продукции нужно строгое и однозначное определение полезного эффекта. В качестве элементов здания можно выделить следующие: помещения; конструкции, их образующие; инженерные системы, обеспечивающие выполнение санитарно-гигиенических требований к микроклимату этих помещений и минимальный принятый уровень их технологической оснащённости (ГВС, ХВС, освещение, бытовое электрооборудование, лифты). Применительно к строительству как отрасли хозяйственной деятельности в целях обеспечения граждан жильем и различными объектами социального назначения полезный эффект может определяться собственно наличием здания, т. е. его габаритами. В случае использования двумерной величины – площади помещений происходит потеря информации о взаимном расположении помещений и конструкций в пространстве и относительно друг друга в рамках некоего энергетического контура. В то же время площадь помещений удобно использовать для определения объема проектных работ в качестве критерия оценки количества требуемых проектных решений. Характеристикой, описывающей габариты здания в целом, является его объем.

Этот объем может быть определен по наружным либо по внутренним обмерам. Здание при своем выделении из окружающей среды занимает объем, равный сумме объемов конструкций и помещений. Поэтому, на первый взгляд, следует выбирать «наружный» объем дома. Однако можно ли объем, занимаемый конструкциями, считать полезным эффектом?

Здание – это прежде всего помещение или набор помещений, в которых человек живет и работает. Разнородные требования, предъявляемые к помещениям, оперируют конструкциями и инженерными системами, за счет которых обеспечивается безопасность и комфорт. Но требуется ли обеспечение микроклимата для помещений и конструкций в равной степени? Нужно ли выдерживать температуру помещения на наружной поверхности ограждающих конструкций? Или сохранять кратность воздухообмена в толще стены, такой же как и в примыкающем помещении? Использует ли человек объем конструкций для осуществления своей деятельности?

К теплофизическим свойствам конструкций предъявляются собственные требования. Например, тепловая энергия систем отопления направляется на компенсацию тепловых потерь через ограждающие конструкции за счет теплопередачи, а не на отопление этих конструкций для создания в них (непосредственно в толще стен и покрытий) комфортных параметров среды, сопоставимой с параметрами микроклимата, поддерживаемыми в помещениях. Следовательно, в

качестве единицы, выражающей полезный эффект здания, следует использовать объем здания, ограниченный внутренними плоскостями ограждающих конструкций.

Для окончательного представления здания в виде продукта следует структурировать составляющие здания, которые требуют затрат энергетических ресурсов для их создания и поддержания в работоспособном состоянии. Это функционально связанные с помещениями конструкции и инженерные системы, обеспечивающие выполнение санитарно-гигиенических требований к микроклимату помещений и минимальный принятый уровень их технологической оснащённости.

Комплекс для выражения энергетической эффективности зданий

При рассмотрении понятийного аппарата Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ можно сделать вывод, что полезным эффектом конструкций здания будут являться собственно конструкции, которые можно описать геометрическими характеристиками – площадью стен, перекрытий, покрытий и т. д. Таким образом, собственная энергетическая эффективность конструкций будет выражаться в м²/кДж.

Тогда, чтобы охарактеризовать энергетическую эффективность отдельного помещения или целого здания, следует рассматривать разнородные энергетические эффекты как от конструкций, так и от инженерных систем. Поэтому можно утверждать, что в настоящее время еще не подготовлен реальный и адекватный метод определения энергетической эффективности зданий.

Приближенно энергетическая эффективность помещения или здания η_E , м³/Дж, может быть описана комплексом (1):

$$\eta_E = f_1(\eta_{E,кон}) + f_2(\eta_{E,инж}) = f_1 \left[\frac{\sum A_{конструкций}}{(E_{затраты,кон,экс} + E_{затраты,кон,инв})} \right] + f_2 \left[\frac{\sum E_{потребности}}{(E_{затраты,инж,экс} + E_{затраты,инж,инв})} \right], \quad (1)$$

где $\eta_{E,кон}$ – энергетическая эффективность конструкций, м²/кДж; $\eta_{E,инж}$ – энергетическая эффективность инженерных систем, кДж/кДж; $E_{потребности}$ – энергетические потребности помещений, обусловленные санитарно-гигиеническими требованиями к микроклимату и комфорту, кДж; $A_{конструкций}$ – площади конструкций, образующих помещения, м²; $E_{затраты,кон,экс}$ и $E_{затраты,кон,инв}$ – эксплуатационные и инвестиционные энергетические затраты, обусловленные необходимостью создания конструкций при строительстве и поддержания их в надлежащем состоянии в течение всего срока службы здания, кДж; $E_{затраты,инж,экс}$ и $E_{затраты,инж,инв}$ – эксплуатационные и инвестиционные энергетические затраты, обусловленные необходимостью организации инженерных систем в здании, поддержания их работоспособности, а также выполнения этими системами своего прямого назначения (снабжение теплом, воздухом, холодной и горячей водой, светом и электричеством) в течение всего срока службы здания, кДж.

Мероприятия, приводящие к сокращению потребления энергии системами отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего и холодного водоснабжения, электроснабжения, могут охарактеризовать только такой полезный эффект, который выражается в единицах энергии, т. е. если под полезным эффектом от использования энергоресурсов в системах отопления и вентиляции понимать удовлетворение требований к микроклимату помещений, то сокращение затрат на реализацию такого полезного

эффекта вызовет повышение энергетической эффективности инженерных систем. Если же сокращение потребляемой энергии будет объясняться сокращением требований к микроклимату, т. е. за счет энергетических потребностей помещений (полезного эффекта от инженерных систем), то энергетическая эффективность этих систем уменьшится. Применительно к системам отопления и вентиляции можно выразить следующее соотношение (2):

$$E_{\text{затраты, ов}} = \frac{E_{\text{потребности, ов}}}{\eta_{E, \text{ов, экс}}}, \quad (2)$$

где $E_{\text{потребности, ов}}$ – энергетические потребности помещений здания в отоплении, определяемые как количество тепловой энергии, необходимое для компенсации теплопередачи через ограждающие конструкции здания в наружную окружающую среду и для нагрева наружного воздуха, поступающего в помещения здания, в единицу времени с учетом полезно используемых тепловых поступлений, кДж; $\eta_{E, \text{ов, экс}}$ – частичная энергетическая эффективность инженерных систем отопления и вентиляции, определяющая качество удовлетворения энергетических потребностей помещений здания в ходе его эксплуатации; $E_{\text{затраты, ов}}$ – энергетические затраты помещений здания на отопление и вентиляцию, определяемые как энергетические потребности, расширенные собственными энергетическими потерями систем отопления и вентиляции, в том числе как невынужденными, связанными с несовершенством конструктивной схемы инженерных систем, так и образованными в результате падения коэффициентов полезного действия составляющего эти системы оборудования при целенаправленном изменении режимов работы, кДж.

При этом соотношение (2) описывает энергоэффективность систем отопления и вентиляции только частично, так как в этой величине не учитываются энергетические затраты на собственно создание этих систем: производство материалов и оборудования, их последующий монтаж. В связи с этим базовый показатель Приказа от 6 июня 2016 г. № 399/пр не может верно определять энергетическую эффективность здания в целом, так как в нем учитывается не более 1/3 влияющих факторов, а все учтенные относятся исключительно к эксплуатационным характеристикам.

Описание энергетической эффективности здания в виде комплекса (1) объясняет отсутствие прямой взаимосвязи между потреблением энергии инженерными системами в ходе эксплуатации с набором факторов, связанных непосредственно со строительством. Также становится очевидным отсутствие расчетов в рассматриваемой области.

Механизм определения энергетической эффективности зданий с помощью Приказа от 6 июня 2016 г. № 399/пр

Алгоритм определения класса энергетической эффективности здания с помощью закрепленного правовым документом показателя удельного годового расхода энергоресурсов заключается в сопоставлении расчетного (фактического) показателя с базовым значением. Отмечается, что расчетное значение этого показателя должно быть приведено к некоторым расчетным условиям «для сопоставимости с базовыми значениями, в том числе с климатическими условиями, условиями оснащения здания инженерным оборудованием и режимами его функционирования». Рассмотрим способы этого приведения согласно требованиям приказа.

Показатель закрепляется в два уровня: *расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроэнергию на общедомовые нужды* и *отдельно расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию*. Это два норматива различаются величиной расходов тепловой энергии на горячее водоснабжение и электроэнергию на общедомовые нужды. И здесь имеется ряд особенностей.

Во-первых, следует понимать, что потребление горячей воды – субъективный показатель, определяемый только статистически. Этот фактор не характеризуется техникой и технологиями строительства и не должен создавать ограничения на воду для человека. Во-вторых, электропотребление в местах общего пользования во многом обусловлено лифтовым хозяйством, использование которого также определяется поведением жильцов и освещением. Также в приказе размещена сноска о том, что «базовый уровень удельного годового расхода электрической энергии на общедомовые нужды равен 10 кВт·ч/м² для многоквартирных домов, оборудованных лифтом». При этом в случае, если дом не оборудован лифтом, базовый уровень удельного годового расхода электрической энергии на общедомовые нужды равен 7 кВт·ч/м², а из указанных в таблице базовых показателей следует вычесть 3 кВт·ч/м². Получается, что эта балансовая составляющая просто заданная и невариативная. В-третьих, простое суммирование тепловой и электрической энергии закладывает в правовое поле совершенно недопустимую для энергетического комплекса страны операцию, так как таким действием в расчетах не учитываются особенности выработки энергоресурсов того или иного вида.

Наконец, базовый уровень показателя удельного расхода энергоресурсов принят при определенных расчетных условиях: «температура внутреннего воздуха в квартирах – 20°C, норматив заселения – 20 м² общей площади помещения на одного жителя, что соответствует нормативному воздухообмену 30 м³/ч на одного жителя и удельным бытовым внутренним тепlopоступлениям 17 Вт/м² общей площади». Это означает, что примененным базовым показателем выбраны все регулирующие возможности таких факторов, как тепловые потери за счет вентиляции и бытовые тепловые поступления, так как они вынесены за рамки расчетов. Кроме того, фактические значения удельного годового расхода должны приводиться к расчетным условиям интерполяцией, т. е. при отличии принятых технических решений, связанных с системами вентиляции, для всех эксплуатируемых зданий этот показатель предписывает пересчет на заданные расчетные условия. Положения приказа сразу превращают фактические значения в абстрактные.

Таким образом, в рассматриваемом приказе два вида показателей, по существу, определяются вторым, который рассматривает только расходы энергии на отопление и вентиляцию. Внутри же этого «удельного годового расхода на отопление и вентиляцию» выполнение требований можно выполнить только за счет изменения объема трансмиссионных тепловых потерь либо тепlopоступлений от солнечной радиации, так как при коррекции других факторов мы также должны изменить и базовую величину.

Иными словами, Приказом от 6 июня 2016 г. № 399/пр закреплен показатель, частично характеризующий энергетическую эффективность инженерных систем, которая, в свою очередь, частично описывает энергоэффективность здания с узко ограниченной направленностью возможностей совершенствования технологий в сторону нового дополнительного

утепления конструкций (неэффективность этих решений показана в [10, 11]) и внедрения добавочной регулирующей арматуры для систем отопления, влекущего за собой деградацию проектирования инженерных систем – как конструкторских решений, так и теплогидравлических расчетов этих систем (эффективность таких решений в общем случае не доказана).

Таким образом, положения рассмотренного приказа не учитывают современную нормативно-техническую базу, в частности представление базового теплоэнергетического показателя здания в виде удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, а многие влияющие особенности, заключенные в области определения энергетической эффективности зданий, по-прежнему не рассмотрены и не охарактеризованы.

Заключение

Полезное, казалось бы, изменение требований к энергопотреблению в строительстве и жилищно-комму-

нальном хозяйстве может грозить и крайне негативными последствиями для экономики государства и населения страны – упадком строительства в перспективе. Без создания целостного метода расчета энергетической эффективности зданий невозможно рассчитывать на позитивный экономический эффект при работе с таким приоритетным направлением развития науки, техники и технологий. Как не может быть осуществлено и успешное управление строительством и энергетикой на государственном уровне без учета значительных влияющих факторов, кратко обозначенных в настоящей статье, а также при целенаправленном исключении регулирующего воздействия ряда параметров, определяющих энергопотребление.

Очевидно, что закрепляемые в правовом поле показатели «удельного годового расхода энергетических ресурсов», а также их базовые требования нуждаются в существенной доработке.

Список литературы

1. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 7–9.
2. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Перспективы повышения энергетической эффективности жилых зданий в России // *Вестник МГСУ*. 2011. №3-1. С. 192–200.
3. Сергейчук О.В. Основные задачи усовершенствования нормативной базы по освещению биосферосовместимого строительства // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии*. 2015. № 3. С. 7–17.
4. Викторов Д.А. Анализ влияния теплоэнергетических характеристик на энергоэффективность жилых зданий на примере серии 1-335 // *Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура*. 2013. № 3 (31). С. 9–15.
5. Лапина О.А., Лапина А.П. Энергоэффективные конструктивные системы // *Инженерный вестник Дона*. 2015. № 1. Ч. 2. Электронное издание. http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_100_lapina.pdf_0ae026e175.pdf (Дата обращения 15.05.2017 г.)
6. Русанов А.Е. Анализ законодательства и норма по энергетической эффективности зданий // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Строительство и архитектура*. 2012. № 38. Вып. 15. С. 66–68.
7. Савин В.К., Савина Н.В. Архитектура и энергоэффективность зданий // *Градостроительство*. 2013. № 1 (23). С. 82–84.
8. Тихомирова С.В., Лопатина А.Б. Влияние технических и проектных решений на энергоэффективность строящегося здания // *Успехи современной науки и образования*. 2016. № 10. Том 5. С. 105–107.
9. Цветков Н.А., Толстых А.В., Дорошенко Ю.Н., Пенявский В.В. Оценка реальной эффективности использования тепловой энергии при эксплуатации жилого здания // *Вестник ТГАСУ*. 2016. № 6. С. 189–200.
10. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // *Строительные материалы*. 2010. № 3. С. 8–16.
11. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Неклюдов А.Ю. Учет теплопроводных включений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2016. № 2 (978). С. 57–61.

References

1. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Quantitative assessment of energy efficiency of energy saving measures. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials] 2013. No. 6, pp. 7–9. (In Russian).
2. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Prospects of increase of power efficiency of residential buildings in Russia. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3–1, pp. 192–200. (In Russian).
3. Sergejchuk O.V. Principal aims of improvement of normative base for biosphere-compatible construction. *Biosfernaja sovmestimost': chelovek, region, tehnologii*. 2015. No. 3, pp. 7–9. (In Russian).
4. Viktorov D.A. Analysis of effects of heat-and-power features on the energy efficiency of residential buildings using the example of 1–335 series. *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo GASU. Stroitel'stvo i arhitektura*. 2013. No. 3 (31), pp. 9–15. (In Russian).
5. Lapina O.A., Lapina A.P. Energy-efficient technologies. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2015. No. 1(2). Electronic edition. http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_100_lapina.pdf_0ae026e175.pdf (Date of the address 15.05.2017). (In Russian).
6. Rusanov A.E. Analysis of legislation and regulations of the energy efficiency of buildings. *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Stroitel'stvo i arhitektura*. 2012. No. 38, pp. 66–68. (In Russian).
7. Savin V.K., Savina N.V. Architecture and energy efficiency of buildings. *Gradostroitel'stvo*. 2013. No. 1 (23), pp. 82–84. (In Russian).
8. Tihomirova S.V., Lopatina A.B. Impact of technical and design solution for energy-efficient buildings under construction. *Uspehi sovremennoj nauki i obrazovanija*. 2016. No. 10. Vol. 5, pp. 105–107. (In Russian).
9. Cvetkov N.A., Tolstyh A.V., Doroshenko Ju.N., Penjavskij V.V. Estimation of Thermal Energy Efficiency Used in Building Operation. *Vestnik TGASU*. 2016. No. 6, pp. 189–200. (In Russian).
10. Gagarin V.G. Macroeconomic aspects of substantiation of power saving measures aimed at improving the heat protection of buildings' enclosing structures. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 3, pp. 8–16. (In Russian).
11. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Neklyudov A.Yu. Accounting of thermal inhomogeneities when determining the thermal load on the building heating system. *BST: Bjulleten' stroitel'noj tehniki*. 2016. No. 2 (978), pp. 57–61. (In Russian).

УДК 697.1: 697.92

М.В. БОДРОВ, д-р техн. наук (tes84@inbox.ru), В.Ю. КУЗИН, канд. техн. наук, М.С. МОРОЗОВ, инженер
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
(603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65)

Влияние выбора оконных блоков на показатели энергетической эффективности теплового контура и воздушный режим малоэтажных жилых зданий

Рассмотрено влияние конструкции оконных блоков: сопряжения с наружными ограждениями; наличие организованных приточных устройств (приточных клапанов) на показатели энергетической эффективности современных малоэтажных многоквартирных жилых домов, а также на фактическую величину средней кратности воздухообмена в помещениях жилых домов с учетом действительной периодичности проветривания (открытия/закрытия форточек и фрамуг). Сделан общий вывод о невозможности достоверного определения расчетным путем класса энергосбережения многоквартирных жилых домов, оборудованных системами естественной вентиляции и оконными проемами без организованных приточных устройств. Полученные результаты показали, что самовольное внесение изменений в конструкцию оконных проемов жильцами может привести к результату, обратному (отрицательному) энергосберегающему эффекту, даже в условиях повышения общей тепловой защиты зданий.

Ключевые слова: вентиляция, коэффициент теплотехнической однородности, многоквартирные жилые дома, тепловая защита зданий, энергетическая эффективность.

Для цитирования: Бодров М.В., Кузин В.Ю., Морозов М.С. Влияние выбора оконных блоков на показатели энергетической эффективности теплового контура и воздушный режим малоэтажных жилых зданий // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 24–26.

M.V. BODROV, Doctor of Sciences (Engineering) (tes84@inbox.ru), V.Yu. KUZIN, Candidate of Sciences (Engineering), M.S. MOROZOV, Engineer
Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (65, Il'inskaja Street, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation)

Effect of Selecting Window Blocks on Indicators Energy Efficiency of thermal Construction and Air Mode of low-Rented Residential Buildings

The influence of the design of window blocks (their interface with external fences and the presence or absence of organized supply devices (inlet valves)) on the energy efficiency of modern low-rise apartment buildings, as well as on the actual value of the average air exchange rate in the premises of apartment houses taking into account the actual periodicity of ventilation (opening / closing of the ventilation pans and transoms). A general conclusion is made that it is impossible to reliably determine the energy-saving class of multi-family apartment houses equipped with natural ventilation systems and window openings without organized air-supply devices, by calculation. The results in the article showed that unauthorized changes in the construction of window openings by tenants can lead to the result of a reverse (negative) energy-saving effect even in conditions of increasing the overall thermal protection of buildings.

Keywords: ventilation, coefficient of thermal engineering uniformity, multi-apartment houses, thermal protection of buildings, energy efficiency.

For citation: Bodrov M.V. Kuzin V.Yu., Morozov M.S. Effect of selecting window blocks on indicators energy efficiency of thermal construction and air mode of lowrented residential buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 24–26. (In Russian).

Одним из ключевых элементов, обеспечивающих повышенную энергетическую эффективность теплового контура вновь строящихся и реконструируемых зданий, являются светопрозрачные заполнения оконных проемов (оконные блоки). Правильный выбор конструкции оконных блоков и узлов их сопряжений с наружными ограждениями определяет эффективность тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций и обеспеченность расчетного воздушного режима в помещениях многоквартирных жилых домов.

Рассмотрим влияние выбора конструкции узлов сопряжений оконных блоков и наружных стен с внешними штукатурными слоями современного малоэтажного многоквартирного жилого дома, расположенного в климатических условиях Нижнего Новгорода, на зависимость показателей энергетической эффективности его теплового контура (коэффициента теплотехнической однородности r и приведенного сопротивления теплопередаче R_{o}^{np} , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ [1–6]) от толщины δ_{yt} тепловой изоляции, например каменной ваты, на основе горных пород базальтовой группы).

В работе рассматривали три варианта расположения оконных рам: 1 – рама располагается сразу за утеплителем;

2 – рама сдвинута в утеплитель на 100 мм; 3 – рама сдвинута от утеплителя на 100 мм. Результаты расчета показателей r и R_{o}^{np} при трех типах узлов сопряжений оконных блоков и наружных стен рассматриваемого здания, перфорации балконных плит 1/5 и нахлесте утеплителя на раму окна 60 мм приведены на рис. 1, 2.

Анализ полученных данных позволил сделать вывод, что в зависимости от выбора конструкции узла сопряжения оконных блоков и наружных стен однородность ограждающих конструкций будет значительно отличаться. Для рассматриваемого здания наиболее эффективным вариантом будет являться установка рамы сразу за утеплителем при толщине утеплителя 120 мм (при шаге толщин утеплителя, отпускаемого современными производителями, 10 мм). Альтернативные варианты установки оконного блока, соответствующие второму и третьему типу узлов, могут привести как к незначительному повышению приведенного сопротивления теплопередаче (поз. 3, рис. 2), так и к его уменьшению (поз. 2, рис. 2) при увеличении толщины утеплителя, что вызвано преобладающим над ним снижением теплотехнической однородности наружных стен.

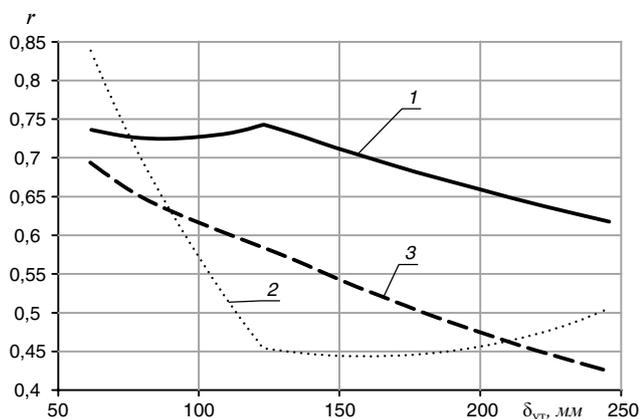


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплотехнической однородности r наружных стен здания от толщины тепловой изоляции $\delta_{ут}$: 1 – рама располагается сразу за утеплителем; 2 – рама сдвинута в утеплитель на 100 мм; 3 – рама сдвинута от утеплителя на 100 мм

Устройство последних из рассмотренных узлов сопряжений оконных блоков и наружных стен возможно как при новом строительстве и плановом капитальном ремонте, так и при индивидуальной замене заполнений световых проемов каждым жильцом, которые в настоящее время фактически повсеместно не согласуются (либо формально согласуются) с домоуправляющими компаниями.

Как показали приведенные на рис. 1, 2 результаты расчета для рассматриваемого двухэтажного многоквартирного жилого дома, даже выбор наиболее эффективных узлов сопряжения элементов наружных стен при непродуманном монтаже сопряжений оконных блоков может свести на нет положительный экономический эффект [7] от повышения толщины эффективной тепловой изоляции фасада здания.

В современных строящихся и существующих зданиях в процессе выбора конструкции оконных блоков также незначительное внимание уделяется наличию организованного притока через окна в ПВХ-переплетах при применении наиболее распространенных систем естественной вентиляции. Как правило, в случае индивидуальной замены оконных блоков организованный приток обеспечивается только при открытии форточек, фрамуг. Установка приточных клапанов требует дополнительных капитальных затрат и является редким исключением в массовом строительстве.

Существующие актуальные требования к воздухопроницаемости элементов наружных ограждающих конструкций (в том числе окон) приводят к тому, что неорганизованная инфильтрация в помещения жилых домов не превышает 10–20% от значений проектного расчетного воздухообмена в помещениях жилых домов. Согласно данным испытаний оконных блоков из ПВХ-профиля разных систем известно, что при перепаде давления на них в 10 Па удельная воздухопроницаемость не превышает 3–4 кг/(м²·ч) [8].

Фактический расход воздуха L_{ϕ} в помещениях многоквартирных жилых домов при наличии организованного притока воздуха может быть определен по формуле:

$$L_{\phi} = L_p \sqrt{\frac{p_{\phi}}{p_p}}, \quad (1)$$

где L_p – расчетный расход воздуха, м³/ч; p_{ϕ} – фактическое располагаемое давление, Па; p_p – расчетное располагаемое давление, Па.

Фактический перепад давления в течение отопительного периода определяется измеренными метеорологическими данными параметров наружного воздуха по зависимости:

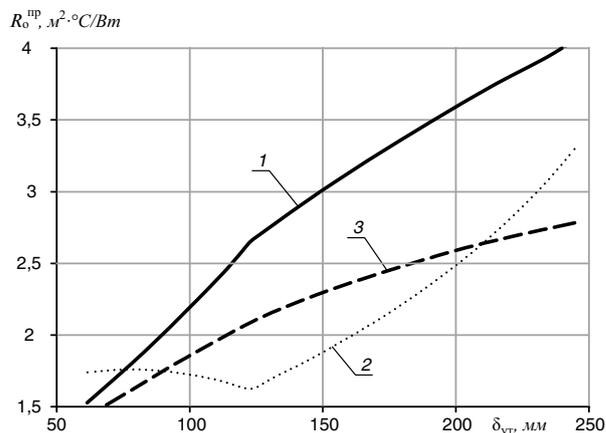


Рис. 2. Зависимость приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен здания R_0^{np} , м²·°С/Вт, от толщины тепловой изоляции $\delta_{ут}$: 1 – рама располагается сразу за утеплителем; 2 – рама сдвинута в утеплитель на 100 мм; 3 – рама сдвинута от утеплителя на 100 мм

$$P_{\phi} = (\rho_{\phi} - \rho_v)gH_p + (c_{вх} \pm c_{вых}) \frac{v_{ветр}^2}{2} \rho_{\phi}, \quad (2)$$

где ρ_{ϕ} , ρ_v – фактическая плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; H_p – разность отметок точки забора и выброса воздуха, м; $c_{вх}$, $c_{вых}$ – аэродинамические коэффициенты на входе и выходе воздуха из здания; $v_{ветр}$ – фактическая скорость ветра, м/с.

В ходе эксплуатации помещений многоквартирных жилых домов непрерывное проветривание помещений жильцами не осуществляется, что связано со следующими основными причинами: помещения жилых домов не эксплуатируются в периоды отсутствия жильцов в помещениях (в часы работы, учебы, активного отдыха – всего от 8 до 16 часов в течение суток); в часы сна (от 6 до 10 часов в день) проемы для организованного притока воздуха закрыты, так как жильцы не могут реагировать на ночное падение температуры наружного воздуха, негативно влияющее на ощущение комфортной температуры внутреннего воздуха [9]; форточки и фрамуги закрываются при температуре наружного воздуха значительно более низкой, чем расчетная температура при проектировании систем естественной вентиляции $t_n = +5^{\circ}\text{C}$ и при сильном ветре, так как при наличии данных факторов возникает дискомфортная подвижность внутреннего воздуха в жилых помещениях.

Действительная кратность воздухообмена $n_{действ}$ в помещениях жилого дома в течение отопительного периода при реальных условиях эксплуатации может быть определена по формуле:

$$n_{действ} = n_{вент.ф1} \gamma + n_{вент.ф2} (1 - \gamma), \quad (3)$$

где $n_{вент.ф1}$ – средняя кратность воздухообмена за отопительный период при открытой форточке, определяется в результате расчета фактических расходов воздуха по формулам (1), (2), ч⁻¹; $n_{вент.ф2}$ – то же, при закрытой форточке (находится согласно СП 60.13330 с учетом фактического располагаемого давления), ч⁻¹; γ – доля времени в отопительный период, когда форточка открыта.

Доля времени γ зависит от индивидуального восприятия комфорта жильцами, их режима труда и отдыха, заселенности квартир, общей аэродинамики застройки, в которой располагается здание, и многих других часто случайных факторов, и выбор ее расчетного значения не представляется возможным без долговременных натурных наблюдений.

Действительные значения кратностей воздухообмена в жилом доме за отопительный период $n_{\text{действ}}$ при различных значениях γ

$n_{\text{вент.ф1}}, \text{ч}^{-1}$	$n_{\text{действ}}, \text{ч}^{-1}$, при γ^1					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	0,19	0,28	0,37	0,46	0,55	0,64
0,9	0,18	0,26	0,34	0,42	0,5	0,58
0,8	0,17	0,24	0,31	0,38	0,45	0,52
0,7	0,16	0,22	0,28	0,34	0,4	0,46
0,6	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
0,5	0,14	0,18	0,22	0,26	0,3	0,34
0,4	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28

Примечание. Расчет проведен при $n_{\text{вент.ф2}} = 0,1 \text{ ч}^{-1}$.

Результаты расчета действительных значений кратностей воздухообмена в жилом доме за отопительный период $n_{\text{действ}}$ при различных значениях $n_{\text{вент.ф1}}$ и γ приведены в таблице.

Анализ результатов расчетов показал, что величина фактической кратности воздухообмена в зависимости от доли времени открытия форточек может отличаться в 5–6 раз. Данный результат позволяет сделать вывод о невозможности достоверного установления класса энергосбережения зданий с естественными системами вентиляции и оконны-

Список литературы

- Гагарин В.Г., Козлов В.В., Неклюдов А.Ю. Учет теплопроводных включений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2016. № 2 (978). С. 57–61.
- Гагарин В.Г. Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 3–7.
- Гагарин В.Г., Козлов В.В. О нормировании теплозащиты и требованиях расхода энергии на отопление и вентиляцию в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2013. № 31–2 (50). С. 468–474.
- Гагарин В.Г. О нормировании тепловой защиты зданий в странах с холодным климатом // *Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: Сборник докладов VI Международной научно-технической конференции (НИУ МГСУ) 25–27 ноября 2015 г. М.: НИУ МГСУ, 2015. С. 21–30.*
- Самарин О.Д. Расчет удельных теплотерь через точечные теплотехнические неоднородности при использовании актуализированной редакции СНиП 23–02 // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2014. № 1 (661). С. 81–85.
- Костин В.И., Кармишкина А.В. Влияние величины теплотехнической неоднородности наружных ограждающих конструкций на толщину утеплителя // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2014. № 3. С. 52–60.
- Малявина, Е.Г. Выявление экономически целесообразной теплозащиты наружных ограждений трехэтажного здания // *Жилищное строительство*. 2016. № 6. С. 13–15.
- Дацюк Т.А. Качество воздуха в зданиях с естественной вентиляцией // *Сантехника, отопление, кондиционирование*. 2016. № 1. С. 78–81.
- Рымаров А.Г., Маркевич А.С. Воздушно-тепловой режим помещения // *Сантехника, отопление, кондиционирование*. 2011. № 9 (117). С. 82–85.
- Дацюк Т.А. Оценка эффективности естественной вентиляции жилых домов // *Сантехника, отопление, кондиционирование*. 2014. № 1 (145). С. 112–115.

ми блоками без установленных приточных устройств (приточных клапанов). Таким образом, показания общедомовых узлов учета тепловой энергии также не могут быть использованы для определения класса энергосбережения зданий, так как получаемые значения потребления тепловой энергии за отопительный период будут достигаться за счет несоблюдения действующих требований к величине воздухообмена в помещениях жилых домов и к ее обеспеченности.

В заключение следует отметить, что неправильный выбор конструкции оконного блока, отсутствие в его раме современных приточных устройств, правильность установки которых может быть определена построением температурных полей [10], и непродуманность узлов его сопряжений с наружными ограждающими конструкциями практически гарантированно не позволят достичь высоких показателей энергетической эффективности теплового контура здания, достоверно установить его класс энергосбережения и значительно снизят фактическую обеспеченность расчетного воздухообмена в жилых помещениях. Приведенные данные показывают необходимость дополнительной оценки рассмотренных факторов при выборе конструкций оконных блоков как при новом строительстве, так и при капитальном ремонте существующего жилого фонда и при разработке проектной документации.

References

- Gagarin V.G., Kozlov V.V., Nekljudov A.Ju. The account of heat-conducting inclusions at definition of a heat load on system of heating of a building. *BST: Bjulleten' stroitel'noj tehniki*. 2016. No. 2 (978), pp. 57–61. (In Russian).
- Gagarin V.G. The account of thermotechnical heterogeneities of protections at definition of a heat load on system of heating of a building. *Zhilishhnoe stroitel'stvo*. [Housing Construction]. 2014. No. 6, pp. 3–7. (In Russian).
- Gagarin V.G., Kozlov V.V. On the standardization of heat protection and the requirements for energy consumption for heating and ventilation in the draft updated version of SNiP «Thermal protection of buildings». *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2013. No. 31–2 (50), pp. 468–474. (In Russian).
- Gagarin V.G. On the normalization of thermal protection of buildings in countries with a cold climate. *Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzhenija i ventiljacii: sbornik dokladov VI Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii*. 25–27 nojabrja 2015. Moscow: NIU MGSU. 2015, pp. 21–30.
- Samarin O.D. Calculation of specific heat loss through point heat engineering in homogeneities using the updated version of SNiP 23–02. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*. 2014. No. 1 (661), pp. 81–85. (In Russian).
- Kostin V.I., Karmishkina A.V. Influence of the value of thermal engineering heterogeneity of external enclosing structures on the thickness of the insulation. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*. 2014. No. 3, pp. 52–60. (In Russian).
- Maljavina E.G. Identification of economically feasible thermal protection of external fences of a three-story building. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 6, pp. 13–15. (In Russian).
- Dacjuk T.A. Quality of air in buildings with natural ventilation. *Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie*. 2016. No. 1, pp. 78–81. (In Russian).
- Rymarov A.G., Markevich A.S. Air-thermal regime of the room. *Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie*. 2011. No. 9 (117), pp. 82–85. (In Russian).
- Dacjuk T.A. Estimation of the efficiency of natural ventilation of residential buildings. *Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie*. 2014. No. 1 (145), pp. 112–115. (In Russian).

УДК 551.521.31

Е.В. КОРКИНА¹, канд. техн. наук (Elena.v.korkina@gmail.com);
Е.В. ГОРБАРЕНКО², канд. геогр. наук; В.Г. ГАГАРИН¹, д-р техн. наук, член-кор. РААСН,
И.А. ШМАРОВ¹, канд. техн. наук

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный проезд, 21)

² МГУ им. М.В. Ломоносова (119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1)

Основные соотношения для расчета облучения солнечной радиацией стен отдельно стоящих зданий

Рассмотрены теоретические соотношения для расчета прямой, рассеянной и отраженной радиации. Рассмотрены необходимые для таких расчетов актинометрические измерения. Предложена формула расчета суммарной радиации, поступающей на наклонные поверхности, и формула расчета суммарной радиации с учетом безоблачных дней. При сравнении с расчетом при средних условиях облачности показано, что предложенный расчет дает большие значения суммарной радиации. Предложенный расчет представляется более точным, так как учитывает изменения погодных условий за большой период осреднения.

Ключевые слова: солнечная радиация, стены зданий, наклонные поверхности, теплоступления.

Для цитирования: 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.

E.V. KORKINA¹, Candidate of Sciences (Engineering) (Elena.v.korkina@gmail.com); E.V. GORBARENKO², Candidate of Sciences (Geography); V.G. GAGARIN¹, Doctor of Sciences (Engineering), Corresponding Member of RAACS, I.A. SHMAROV¹, Candidate of Sciences (Engineering)
¹ Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences
(21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation)

Basic Relationships for Calculation of Solar Radiation Exposure of Walls of Separate Buildings

Theoretical ratios for calculating direct, scattered and reflected radiations are considered. The actinometric measurements necessary for such calculations are also considered. A formula for calculating the total radiation arriving at inclined surfaces and a formula for calculating the total radiation with due regard for cloudless days are proposed. When comparing with the calculation under average cloud conditions, it is shown that the proposed calculation gives large values of the total radiation. The proposed calculation seems more accurate, because it takes into account changes in weather conditions for a long averaging period.

Keywords: solar radiation, walls of buildings, inclined surfaces, heat inputs.

For citation: Korkina E.V., Gorbarenko E.V., Gagarin V.G., Shmarov I.A. Basic relationships for calculation of solar radiation exposure of walls of separate buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 27–33. (In Russian).

Одним из факторов, влияющих на энергосбережение, являются теплоступления от солнечной радиации. В строительные нормативные документы включена методика определения теплоступлений от солнечной радиации, например по СП 23-101–2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». В настоящее время существует ряд предпосылок для уточнения и расширения данной методики. В связи с этим необходимо рассмотрение теоретических основ, заложенных в методику и представленных в работах [1, 2]. В данной статье приведены основные соотношения для расчета солнечной радиации, поступающей на наклонные и вертикальные поверхности зданий, а также предложено расширение методики с учетом теплоступлений от солнечной радиации в ясные дни. На примере работы актинометрического отдела Метеорологической обсерватории МГУ (МО МГУ) рассмотрены основные положения по организации и проведению наземных актинометрических наблюдений Росгидромета, необходимых для применения методики. Данная работа служит основой для дальнейших исследований влияния плотности городской застройки на перераспределение поступающей солнечной радиации на поверхности разной ориентации и наклона.

1. Актинометрические наблюдения. Общие положения

Расчетные методы определения радиационного режима различно ориентированных наклонных поверхностей основаны на результатах наблюдений, выполняемых по стандартной программе актинометрических станций. В СССР насчитывалось свыше 400 актинометрических станций (из них 274 на территории России). В настоящее время актинометрическая сеть Росгидромета уменьшилась и насчитывает 190 пунктов наблюдений, работающих по трем различным программам наблюдений: непрерывные круглосуточные измерения пяти видов радиации, срочные наблюдения, измерения суточных сумм суммарной радиации [3]. Выполнение наблюдений ведется строго по наставлению [4]. Данные сетевых наблюдений обобщаются в актинометрических ежемесячниках, справочниках. В Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова создан режимно-справочный банк данных «Актинометрия».

В актинометрии под термином «радиация» понимают энергетическую освещенность (облученность или поверхностную плотность потока излучения), создаваемую элек-

тромагнитным излучением, приходящим от Солнца, атмосферы и земной поверхности. В зависимости от источника излучения и, следовательно, спектрального состава различают солнечную, земную и атмосферную радиацию.

Солнечная радиация сосредоточена в интервале длин волн 0,3–4 мкм. В актинометрии ее называют коротковолновой радиацией. Вне этих пределов остается менее 1% полного излучения Солнца. Земная и атмосферная радиация заключается в пределах длин волн 4–100 мкм, и ее называют длинноволновой радиацией.

Основные актинометрические наблюдения в России включают в себя измерения прямой, рассеянной, отраженной коротковолновой радиации ($\lambda \leq 4000$ нм), радиационного баланса подстилающей поверхности. Однородность рядов актинометрических данных обеспечивается использованием однотипных приборов и их тщательной градуировкой, а также одинаковой методикой измерений и обработки данных. В качестве приемников интегральной солнечной радиации используются термоэлектрические приборы Ю.Д. Янишевского, принятые на сети актинометрических станций России. Прямая радиация, поступающая на перпендикулярную к лучу падения поверхность (S), измеряется актинометром М-3, рассеянная радиация (D) – пиранометром М-80 с теневым экраном.

Актинометр и пиранометр градуируются один раз в месяц по контрольному актинометру, который, в свою очередь, каждые 1–2 года градуируется по Российскому эталону (пиргелиометру Главной геофизической обсерватории), регулярно сравниваемому с Европейским радиационным эталоном в Давосе. Такая система градуировки позволяет избежать систематических ошибок в актинометрических данных. Радиационные данные приведены к шкале МРЭ (Мировой радиометрический эталон), рекомендованный ВМО в 1981 г.

Прямой солнечной радиацией называется радиация, поступающая к земной поверхности непосредственно от диска Солнца и околосолнечной зоны радиусом 5° в виде пучка параллельных лучей. На актинометрических станциях измеряют приход прямой радиации S , поступающей на перпендикулярную к солнечным лучам поверхность. Прямая радиация S^{top} , приходящая на горизонтальную поверхность, вычисляется по формуле:

$$S^{\text{top}} = S \sin h_{\odot}, \quad (1)$$

где h_{\odot} – высота Солнца в момент наблюдения или угловое расстояние Солнца от горизонта, град. Для произвольного момента времени h_{\odot} вычисляется по формуле [1]:

$$\sin h_{\odot} = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \Omega, \quad (2)$$

где φ – широта места; δ – склонение Солнца; Ω – часовой угол Солнца в данный момент времени, отсчитываемый от момента истинного полдня (Ω считается положительным при отсчете в направлении часовой стрелки).

Часть прямой солнечной радиации рассеивается по всем направлениям молекулами воздуха и аэрозолями, каплями и кристаллами, образующими облака, и поступает к земной поверхности от всех точек небесного свода, за исключением диска Солнца и околосолнечной зоны радиусом 5° , в виде рассеянной радиации D . Рассеивание в атмосфере солнечной радиации способствует освещению тех мест, куда не попадают прямые солнечные лучи.

Общий приход к горизонтальной поверхности прямой и рассеянной радиации называется суммарной солнечной радиацией I :

$$I = S^{\text{top}} + D. \quad (3)$$

Суммарная солнечная радиация, поступающая на земную поверхность, частично ею отражается обратно в атмосферу, образуя поток отраженной радиации R . Отражательные свойства той или иной поверхности характеризуются величиной альбедо A_k , показывающей, какая часть падающей радиации отражается от поверхности:

$$A_k = R/I. \quad (4)$$

Величина альбедо выражается в долях единицы или в процентах.

В международной системе СИ в качестве единицы измерения мгновенных значений радиации используют кВт/м².

Сеть актинометрических станций СССР перешла на единицы измерения солнечной радиации, входящие в систему СИ, с 1 января 1980 г., а к шкале Мирового радиометрического эталона (МРЭ) – с 1 июля 1982 г.

До 1980 г. за единицу измерения радиации принималась энергия в 1 кал, получаемая (или теряемая) 1 см² поверхности в 1 мин (кал/см²мин):

$$1 \text{ кал/см}^2\text{мин} = 0,698 \text{ кВт/м}^2.$$

Тепловое воздействие потоков радиации на деятельную поверхность и живые организмы характеризуется количеством облучения, представляющим собой произведение облученности (отношения потока излучения, падающего на малый участок поверхности, к площади этого участка) на время ее действия. В актинометрии как синоним количества облучения применяется термин «количество» или «сумма радиации». Сумма радиации за определенный промежуток времени выражается в МДж/м² (до 1980 г. – в кал/см²):

$$1 \text{ кал/см}^2 = 0,0419 \text{ МДж/м}^2;$$

$$\text{МДж/м}^2 = 3,6 \text{ кВт ч/м}^2.$$

Интегральные потоки солнечной радиации измеряются: в кВт/м² – мгновенные значения радиации (энергетическая освещенность); в МДж/м² – суммы радиации.

В программу актинометрических наблюдений также входят наблюдения за количеством и формой облаков и прозрачностью атмосферы для солнечных лучей, изменчивость этих факторов существенно влияет на радиационный режим.

Данные по прямой и рассеянной солнечной радиации для различных городов России при средних условиях облачности и ясном небе (для прямой радиации) на горизонтальную поверхность содержатся в [5].

2. Закономерности метода расчета поступления солнечной радиации на наклонную, в том числе вертикальную, поверхность

Расчет прямой радиации. Поток прямой солнечной радиации на наклонную поверхность произвольной ориентации выражается формулой [1]:

$$S^{\text{нак}} = S \cdot \cos i = S \cdot [\cos \alpha \sin h_{\odot} + \sin \alpha \cos h_{\odot} \cos \psi], \quad (5)$$

где косинус угла падения солнечных лучей на заданную поверхность:

$$\cos i = \cos \alpha \sin h_{\odot} + \sin \alpha \cos h_{\odot} \cos \psi, \quad (6)$$

где α – угол наклона поверхности по отношению к горизонтальной плоскости; h_{\odot} – высота Солнца; $\psi = \psi_{\oplus} - \psi_s$ (ψ_{\oplus} и

ψ_s – азимуты Солнца и проекции нормали к наклонной поверхности на горизонтальную плоскость, отсчитываемые от плоскости меридиана, причем азимуты считаются положительными при отсчете от точки юга в направлении часовой стрелки).

Высота солнца определяется по формуле (2), а азимуты солнца определяются соотношениями:

$$\cos \psi_{\oplus} = \frac{\sin h_{\oplus} \sin \varphi - \sin \delta}{\cos h_{\oplus} \cos \varphi}; \quad \sin \psi_{\oplus} = \frac{\cos \delta \sin \Omega}{\cos h_{\oplus}}. \quad (7)$$

После подстановки в (5) выражений (2) и (7) для высоты и азимуты Солнца получаем:

$$S^{\text{нак}} = S \left[\begin{array}{l} \cos \alpha (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \Omega) + \\ + \sin \alpha \{ \cos \psi_s [tg \varphi (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \Omega) - \\ - \sin \delta \sec \varphi] + \sin \psi_s \cos \delta \sin \Omega \} \end{array} \right]. \quad (8)$$

Формула (5) преобразуется в зависимости от значений углов.

Для вертикальной поверхности угол $\alpha = 90^\circ$:

$$S^{\text{вер}} = S \cdot \{ \cos \psi_s [tg \varphi (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \Omega) - \sin \delta \sec \varphi] + \sin \psi_s \cos \delta \sin \Omega \} = S \cdot \cos(h_{\oplus}) \cos(\psi_{\oplus} - \psi_s). \quad (9)$$

Для вертикальных поверхностей, обращенных к югу ($\psi_s = 0$):

$$S_{\text{Ю}}^{\text{вер}} = S \cdot \cos h_{\oplus} \cos \psi_{\oplus}; \quad (10)$$

а обращенных к западу или востоку $\psi_s = \pm 90^\circ$:

$$S_{\text{З,В}}^{\text{вер}} = S \cdot \cos h_{\oplus} \sin \psi_{\oplus}. \quad (11)$$

Для поверхностей, обращенных к северу ($\psi_s = 180^\circ$):

$$S_{\text{С}}^{\text{вер}} = S \cdot [\sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos \psi]. \quad (12)$$

Для горизонтальной поверхности $\alpha = 0$:

$$S^{\text{гор}} = S [\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \Omega] = S \sin h_{\oplus}. \quad (13)$$

Коэффициент пересчета значения солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную определяется соотношением, получаемым из (9) и (13):

$$K_{\text{ГВ}} = \frac{S^{\text{вер}}}{S^{\text{гор}}} = \frac{\cos \psi}{\text{tg} h_{\oplus}}. \quad (14)$$

Коэффициент пересчета $K_{\text{ГВ}}$ определяется расчетным путем, значение $S^{\text{гор}}$ измеряется, тогда прямая радиация, падающая на вертикальную поверхность $S^{\text{вер}}$, определяется из соотношения:

$$S^{\text{вер}} = K_{\text{ГВ}} \cdot S^{\text{гор}}. \quad (15)$$

Зависимость коэффициента $K_{\text{ГВ}}$ от ориентации определяется параметром ψ , зависящим от азимуты Солнца, а высота Солнца h_{\oplus} , определяет зависимость этого коэффициента от широты и времени.

Преимуществом использования коэффициентов пересчета является то, что отношение значений радиаций, поступающих на вертикальную и горизонтальную поверхности, намного меньше зависит от облачности и прозрачности атмосферы по сравнению с каждым из этих значений. Наиболее значимым фактором, влияющим на $K_{\text{ГВ}}$, является широта местности.

Коэффициенты $K_{\text{ГВ}}$ рассчитаны для середины часовых интервалов на 15-е число каждого месяца для различных широт и содержатся в СП 23-101-2004 и в [1].

Расчет рассеянной радиации. Рассеянную радиацию можно учитывать с использованием одного из двух видов моделей распределения: изотропной, не зависящей от направления излучения, и анизотропной, для описания которой разработано, в свою очередь, несколько математических моделей [6, 7, 8].

В анизотропных моделях в расчетах участвуют такие факторы как, например, степень перекрытия небосвода облаками [6], внеатмосферная радиация [7]. Также известны работы по комбинации изотропной модели и анизотропной поправки [8].

Определить границы допустимости использования изотропной модели радиации очень сложно [9], тем не менее она удобна в практическом применении. В [9] показано, что при расположении пиранометра (прибора для измерения радиации), обеспечивающего наибольший годовой приход солнечной радиации на наклонную поверхность, расчет по изотропной модели хорошо согласуется с данными измерений за отопительный период. Так, при сравнении данных за период наблюдения 14 мес изотропная модель занижает среднюю месячную суммарную радиацию в среднем на 2,2% в сравнении с измеренными значениями [9]. Данный факт обосновывает рассмотрение изотропной модели для расчетов теплоступлений от солнечной радиации.

В [1] приведена формула, выражающая суммарный поток рассеянной радиации на наклонную поверхность:

$$D_s = \int_0^{2\pi} d\psi \int_{h(\psi)}^{\pi/2} D(h, \psi) \cos(i) \cos(h) dh, \quad (16)$$

где $D(h, \psi)$ – интенсивность рассеянной радиации в направлении, определяемом координатами h (угловая высота) и ψ (азимут направления) (см. рисунок); $h(\psi)$ – наименьшая угловая высота точки неба в азимуте ψ по отношению к плоскости горизонта; i – угол падения радиации на наклонную поверхность.

После подстановки (6) в (16) и преобразований получаем:

$$D_s = \int_0^{2\pi} d\psi \int_{h(\psi)}^{\pi/2} D(h, \psi) (\sin \alpha \sin \psi \cos(h) + \cos \alpha \sin(h)) \cos(h) dh, \quad (17)$$

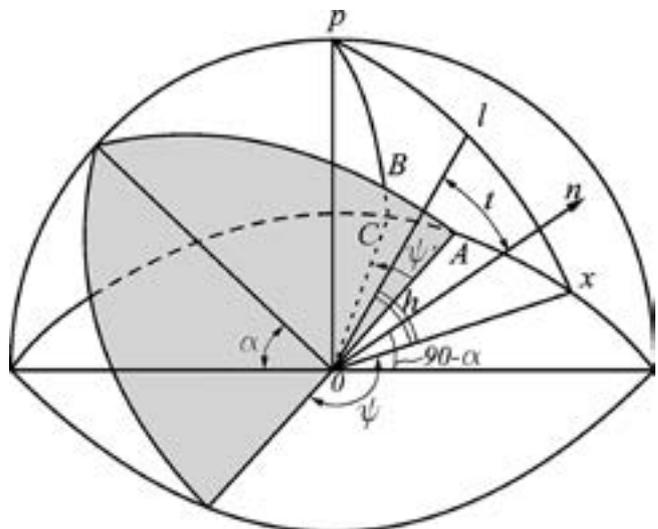


Схема поступления радиации на наклонную поверхность

где:

$$h(\psi) = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 \leq \psi \leq \pi \\ \arccos \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \cos^2 \psi}} & \text{при } \pi \leq \psi \leq 2\pi \end{cases}, \quad (18)$$

где α – угол наклона поверхности.

Поток рассеянной радиации от небосвода на наклонную поверхность в случае справедливости изотропной модели радиации с учетом (17) определяется по формуле:

$$D_s = \pi D \frac{1 + \cos \alpha}{2}. \quad (19)$$

В работе [1] показано, что при наличии плотной сплошной облачности не обнаруживается азимутальной зависимости и расчет с изотропным приближением рассеянной радиации соответствует измерениям.

При изотропной модели рассеянной радиации $D(h, \psi) = D = \text{const}$. Для вертикальной поверхности $\alpha = 90^\circ$, тогда значение $h(\psi)$ исходя из (18) равно 0 или 90° . Выражение (19) для вертикальной поверхности принимает вид:

$$D^{\text{вер}} = 1/2 \pi D. \quad (20)$$

Для горизонтальной поверхности $\alpha = 0$; $h(\psi) = 0$ и $D^{\text{гор}} = \pi D$.

Ввиду того, что актинометрические измерения рассеянной радиации часто проводят на горизонтальной поверхности, значение $D^{\text{гор}}$ известно и пересчет с горизонтальной поверхности на вертикальную делается по формуле:

$$D^{\text{вер}} = D^{\text{гор}}/2. \quad (21)$$

Расчет отраженной радиации. Для нахождения отраженной радиации рассматривается участок наклонной поверхности, расположенный в начале координат (см. рисунок) и получающий отраженную радиацию в пределах телесного угла, соответствующего двугранному углу α . Поэтому для величины потока отраженной радиации, получаемой наклонной поверхностью, можно написать следующее соотношение [1]:

$$R_s = \int_0^\pi d\psi' \int_0^{h(\psi')} I'(h, \psi) \sin(h) \cos(h) dh, \quad (22)$$

где $I'(h, \psi)$ – интенсивность отраженной радиации, подчиняющаяся изотропному или анизотропному закону распределения.

$$h(\psi') = \arccos \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \cos^2 \psi'}}, \text{ при } 0 \leq \psi' \leq \pi. \quad (23)$$

Обозначения углов формул (22)–(23) указаны на рисунке.

В предположении, что радиация, отраженная горизонтальной поверхностью, изотропна ($I'(h, \psi) = I' = \text{const}$), получается:

$$R_s = 2 I' \int_0^\pi d\psi' \int_0^{h(\psi')} \sin(h) \cos(h) dh = \pi I' \sin^2 \alpha / 2. \quad (24)$$

Как указано в [1], при выводе рассмотренных формул не учитывалось влияние многократных отражений радиации между наклонной и горизонтальной поверхностями, а также ослабление отраженной радиации. I' – это интенсивность радиации, излучаемой из точки. При умножении на π , получаем приход в полусферу с горизонтальной поверхности.

Тогда для вертикальной поверхности:

$$R^{\text{вер}} = R^{\text{гор}}/2,$$

или с учетом формулы (4):

$$R^{\text{вер}} = \frac{I^{\text{гор}} A_k}{200}. \quad (25)$$

Тогда суммарный приход радиации на вертикальную поверхность выражается уравнением, известным по работе [1] и представленным в методике СП 23-101-2004:

$$I^{\text{вер}} = S^{\text{вер}} + D^{\text{вер}} + R^{\text{вер}} = S^{\text{гор}} \cdot K_{\text{ГВ}} + D^{\text{гор}}/2 + I^{\text{гор}} A_k/200. \quad (26)$$

В [1] приводятся обобщенные результаты по погрешностям данного метода. Для стен зданий, стоящих открыто, мгновенные значения радиации, рассчитанные по формуле (26), ниже измеренных на 5–15% летом и на 10–25% зимой. Для стен зданий, куда прямая радиация не поступает практически в течение года, рассчитанные значения выше измеренных, причем для северных районов превышение достигает 100% и более. Следует указать, что приведенные оценки погрешности приближены, так как получены по результатам не очень длительных наблюдений в трех-четырёх пунктах. Данные расхождения являются следствием изотропного приближения; величина расхождений определяется климатом (преобладание ясной или пасмурной погоды), а также альбедо поверхности. Влияние ясной и пасмурной погоды частично учтено в п. 3 данной статьи.

Учет поступления радиации на наклонную поверхность. Некоторые здания имеют наклонный фасад или мансардные окна с углом наклона. В СП 23-101-2004 при расчете тепlopоступлений от солнечной радиации мансардные окна с углом наклона более 45° для расчетов рекомендуются принимать как вертикальные, с углом наклона менее 45° – как горизонтальные.

По формулам (8), (19), (24) можно определить значение прямой, рассеянной и отраженной радиации, поступающей на наклонную поверхность с углом наклона α к горизонту. Однако для упрощения расчетов можно определить коэффициенты пересчета для прямой радиации с горизонтальной поверхности на наклонную.

Для вычисления суточного хода прямой радиации на склонах разной экспозиции и крутизны применяются относительные часовые суммы или часовые коэффициенты:

$$K_{\text{ч}} = \cos \alpha + \left[\frac{\cos(\psi_{\oplus} - \psi_s)}{\text{tg } h_{\oplus}} \right] \sin \alpha. \quad (27)$$

По полученным коэффициентам и средним за месяц часовым суммам прямой радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, можно получить суточный ход радиации на наклонных поверхностях:

$$\sum S^{\text{нак}} = K_{\text{ч}} \sum S_{\Gamma}, \quad (28)$$

где $\sum S^{\text{нак}}$ и $\sum S_{\Gamma}$ – соответственно часовые суммы прямой радиации, поступающей на наклонную и горизонтальную поверхность; $K_{\text{ч}}$ – коэффициент для пересчета часовых сумм прямой радиации с горизонтальной поверхности на наклонную. Величина средней за месяц в суточном ходе радиации на горизонтальной поверхности $\sum S_{\Gamma}$ может быть получена путем измерений на актинометрической станции или по данным справочника [5].

Коэффициенты $K_{\text{ч}}$ частично рассчитаны в работах [10, 11]. Вычисления проводились для середины часовых интервалов на 15-е число каждого месяца.

Для определения прихода рассеянной и отраженной радиации рассмотрим формулы (19) и (24).

Из формулы (19) следует, что рассеянная радиация, падающая на наклонную поверхность, рассчитывается через $D^{\text{гоп}}$ по формуле:

$$D_s = D^{\text{гоп}} \frac{1 + \cos \alpha}{2}. \quad (29)$$

Аналогично из формулы (24) следует, что отраженная радиация, падающая на наклонную поверхность, рассчитывается через $R^{\text{гоп}}$ по формуле:

$$R_s = \frac{R^{\text{гоп}} \sin^2 \alpha}{2} = \frac{I^{\text{гоп}} A_k \cdot \sin^2 \alpha}{200}. \quad (30)$$

Тогда для действительных условий облачности можно записать выражение для расчета суммарной радиации, падающей на наклонную поверхность с углом наклона α :

$$I^{\text{вер}} = K_{\text{ч}} \sum S_{\Gamma} + D^{\text{гоп}} \frac{1 + \cos \alpha}{2} + \frac{I^{\text{гоп}} A_k \cdot \sin^2 \alpha}{200}. \quad (31)$$

3. Расчет поступления суммарной радиации с учетом облачного и безоблачного неба

В последние годы имеется тенденция к увеличению доли прямой радиации, что рассмотрено в работах [12–15], поэтому при расчете теплопоступлений от солнечной радиации также важен учет безоблачных дней, когда имеется большая доля прямой радиации. Безоблачные дни – это дни с абсолютно ясным небом. Следует пояснить, что согласно геофизической терминологии средние условия облачности означают, что проводится усреднение данных по дням с действительной (имеющей место быть) облачностью с любой формой и количеством облаков, при этом дни с ясным небом в расчет не берутся. Рассмотрим расчет теплопоступлений от солнечной радиации с учетом ясных дней. Пересчет прямой радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную при безоблачном небе представлен в работах [1, 2, 16]. Авторы показали, что на основании результатов сравнений $K_{\Gamma\text{В}}$ и $K_{\Gamma\text{В}}^{\text{я}}$ можно считать, что при решении практических задач, не требующих большой точности (до 5–10%), можно использовать одно и то же значение коэффициента $K_{\Gamma\text{В}}$. Особенно это относится к южным районам. Для более точных оценок сумм радиации следует учитывать различие в коэффициентах. Различия в коэффициентах пересчета объясняются тем, что при солнечной погоде приход прямой и рассеянной радиации на вертикальные поверхности различной ориентации неравномерен и изменяется в суточном ходе.

Формула (19) для расчета рассеянной радиации в изотропном приближении была получена с условием отсутствия переотражения от подстилающей поверхности. В случае безоблачного неба отражение от подстилающей поверхности влияет сильнее. Так, в работе [2] показано, что при безоблачном небе измерения потоков рассеянной радиации дают погрешности от 5 до 8%. Тем не менее такая погрешность приемлема для практических расчетов рассеянной радиации.

Значение отраженной радиации от земной поверхности и его влияние на прилегающие здания будут выше в ясные дни. В [2] указано, что при $A_k=20\%$ влияние затенения и многократного отражения при расчете по формуле (26) составляет менее 1% для южной ориентации, 3% для запад-

ной ориентации, 15% для северной ориентации. При более высоких значениях альbedo, соответствующих снежному покрову, влияние указанных факторов приводит к существенным различиям в расчете по формуле (26) и измерениях. В данной работе влияние переотражения не рассматривается.

Преобразование формулы (24) для расчетов прихода радиации в облачные и безоблачные дни дает:

$$I^{\text{вер}} = d_{\text{я}} (S_{\text{я}}^{\text{гоп}} \cdot K_{\Gamma\text{В}} + \frac{D_{\text{я}}^{\text{гоп}}}{2} + \frac{I_{\text{я}}^{\text{гоп}} A_k}{200}) + (d - d_{\text{я}}) (S^{\text{гоп}} \cdot K_{\Gamma\text{В}} + \frac{D^{\text{гоп}}}{2} + \frac{I^{\text{гоп}} A_k}{200}), \quad (32)$$

где d – общее количество дней в месяце; $d_{\text{я}}$ – количество дней в месяце с безоблачным (ясным) небом, определяется как разность d и значения столбца «число дней без солнца» табл. 1.15 [5]; A_k – альbedo подстилающей поверхности, %, определяется по табл. 1.10 [5]; $S^{\text{гоп}}$ – прямая радиация на горизонтальную поверхность при средней облачности определяется по «столбцу за сутки» табл. 1.8 [5], МДж/м²; $D^{\text{гоп}}$ – рассеянная радиация на горизонтальную поверхность при средней облачности, определяется по «столбцу за сутки» табл. 1.9 [5], МДж/м²; $I^{\text{гоп}}$ – суммарная радиация на горизонтальную поверхность при средней облачности определяется по «столбцу за сутки» табл. 1.10 [5], МДж/м²; $S_{\text{я}}^{\text{гоп}}$ – прямая радиация на горизонтальную поверхность при ясном небе, определяется по «столбцу за сутки» табл. 1.5 [5], МДж/м²; $I_{\text{я}}^{\text{гоп}}$ – суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при ясном, небе определяется по «столбцу за сутки» табл. 1.6 [5], МДж/м²; $D_{\text{я}}^{\text{гоп}}$ – рассеянная радиация при ясном небе, определяется как разность $I_{\text{я}}^{\text{гоп}} - S_{\text{я}}^{\text{гоп}}$, МДж/м².

Согласно методике СП 23-101-2004 пересчет радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную проводится с использованием коэффициентов $K_{\Gamma\text{В}}$, которые для г. Москвы приведены в табл. В.2–В.3 СП 23-101-2004.

Коэффициенты, приведенные в работе [1], имеют несколько другие значения. Кроме того, для северной ориентации в СП 23-101-2004 было допущено смещение данных по месяцам. Поэтому предлагается провести сравнительный расчет теплопоступлений по методике СП 23-101-2004 и расчет по формуле (32) с использованием коэффициентов $K_{\Gamma\text{В}}$, взятых из [1]. Сравнение коэффициентов приведено в табл. 1.

Пример расчета теплопоступлений от солнечной радиации с учетом безоблачных дней

Рассмотрим расчет теплопоступлений от солнечной радиации по формуле (32) и по методике СП 23-101-2004 с использованием данных справочника [5]. Расчет по методике СП 23-101-2004 при средних условиях облачности представлен в табл. 2. Расчет по формуле (32) с учетом безоблачных дней представлен в табл. 3.

Сравнение расчетов теплопоступлений от солнечной радиации представлено в табл. 4.

Как видно из табл. 4, наибольшие средние относительные различия за отопительный период достигают от 85 до 96% для южной, юго-западной и юго-восточных ориентаций, причем расчет без учета ясных дней дает меньшее значение, чем расчет по формуле (32). Превышение результатов расчета по формуле (32) над результатами расчета по методике СП 23-101-2004 за год в среднем дает от 72 до

Таблица 1
Значения коэффициентов $K_{ГВ}$ для Москвы
согласно СП 23-101-2004 и [1]

Изменения	I	II	III	IV	X	XI	XII
Северная ориентация							
СП 23-101-2004	0,02	0,08	0,12	0,1	-	-	-
Уточнение по [1]	-	-	-	0,02	-	-	-
Северо-восточная ориентация							
СП 23-101-2004	0,01	0,05	0,14	0,22	0,09	0,02	-
Уточнение по [1]	Без изменений						
Восточная							
СП 23-101-2004	0,84	0,66	0,64	0,58	0,68	0,83	0,9
Уточнение по [1]	0,81	0,7	0,64	0,6	0,72	0,86	0,9
Юго-восточная ориентация							
СП 23-101-2004	3,6	2	1,25	0,88	1,72	2,9	4,3
Уточнение по [1]	Без изменений						
Южная ориентация							
СП 23-101-2004	5,15	2,8	1,55	0,9	2,2	4,2	6,1
Уточнение по [1]	Без изменений						
Юго-западная ориентация							
СП 23-101-2004	3,8	2,2	1,3	0,81	1,65	3	4,45
Уточнение по [1]	Без изменений						
Западная ориентация							
СП 23-101-2004	0,94	0,84	0,72	0,52	0,68	0,83	0,94
Уточнение по [1]	0,92	0,83	0,69	0,53	0,63	0,8	0,96
Северо-западная ориентация							
СП 23-101-2004	0,02	0,06	0,16	0,2	0,08	0,02	-
Уточнение по [1]	Без изменений						

Таблица 2
Суммарная радиация за месяц на вертикальную поверхность
по методике СП 23-101-2004 $I_1^{свр}$ для восьми румбов
с учетом уточнения коэффициентов $K_{ГВ}$

Месяц	Суммарная радиация за месяц на вертикальную поверхность $I_1^{свр}$, МДж/м ²							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	49	49	59	92	111	95	60	49
Февраль	93	95	123	179	213	187	129	95
Март	157	172	227	293	326	299	232	174
Апрель	154	190	257	306	309	294	244	186
Май	203	283	358	372	355	363	333	272
Июнь	218	317	390	396	358	377	367	307
Июль	209	295	364	372	346	361	344	284
Август	177	232	301	336	340	336	287	228
Сентябрь	117	138	196	252	272	246	188	137
Октябрь	67	71	99	143	164	140	95	71
Ноябрь	37	37	49	78	96	79	48	37
Декабрь	29	29	34	51	60	51	34	29
Сумма за отопительный период	587	644	847	1141	1279	1144	842	642
Сумма за год	2097	1908	2454	2870	2951	2828	2362	1869

78% для указанных ориентаций. Т. е. поступление солнечной радиации с учетом ясных дней значительно больше для указанных ориентаций.

Для северной, северо-восточной и северо-западной ориентаций превышение за отопительный период составляет от 8 до 15%, а за год от 0 до 18%. Для западной и вос-

Таблица 3
Сумма средних суточных значений за месяц при ясном небе
и средних условиях облачности $I_2^{свр}$ для восьми румбов

Месяц	Суммарная радиация за месяц на вертикальную поверхность $I_2^{свр}$, МДж/м ²							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	52	52	77	163	211	170	81	53
Февраль	100	105	167	292	369	312	180	106
Март	166	200	324	474	548	486	336	205
Апрель	149	228	376	485	493	458	349	220
Май	183	359	523	553	517	535	468	335
Июнь	182	397	557	571	487	529	508	376
Июль	167	365	523	543	484	517	477	338
Август	151	265	406	479	488	479	379	256
Сентябрь	114	166	309	449	498	434	291	163
Октябрь	75	89	184	336	409	325	171	87
Ноябрь	44	45	81	171	227	175	79	45
Декабрь	32	32	44	90	114	92	45	32
Сумма за отопительный период	618	750	1254	2011	2372	2017	1239	747
Сумма за год	1415	2302	3571	4606	4845	4511	3362	2215

Таблица 4
Относительная разница в значениях теплоступлений,
рассчитанных по методике СП 23-101-2004 $I_1^{свр}$
и по формуле (32) $I_2^{свр}$

Месяц	Относительная разница $\frac{I_1^{свр} - I_2^{свр}}{I_1^{свр}} \cdot 100, \%$							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	6	7	32	77	91	79	34	7
Февраль	8	10	36	63	73	66	40	11
Март	6	16	43	62	68	63	45	18
Апрель	-3	20	47	59	59	56	43	18
Май	-10	27	46	49	45	47	41	23
Июнь	-16	25	43	44	36	40	38	23
Июль	-20	24	44	46	40	43	39	19
Август	-15	14	35	43	43	43	32	12
Сентябрь	-3	20	58	78	83	76	54	19
Октябрь	12	25	86	135	149	133	80	24
Ноябрь	18	20	66	120	137	121	63	20
Декабрь	9	9	30	77	91	79	31	9
Сумма за отопительный период	8	15	48	85	96	85	48	15
Сумма за год	0	18	47	72	78	72	45	17

точной ориентаций превышение составляет за отопительный период 48%.

Таким образом, расчет теплоступлений от солнечной радиации с учетом ясных дней показал большие значения, чем при расчете только при средних условиях облачности. Расчет по формуле (32) представляется более точным, так как учитывает изменения погодных условий за большой период осреднения. С целью повышения точности расчетов данный метод может быть рекомендован для расчета теплоступлений от солнечной радиации.

Заключение

Таким образом, рассмотрены основные формулы, которые используются при расчете суммарной радиации, поступающей на вертикальные поверхности фасада здания.

Приведены формулы для вычисления коэффициентов пересчета радиации с горизонтальной на наклонную и вертикальную поверхности, которыми можно воспользоваться при отсутствии табличных значений.

Получена формула расчета суммарных теплопоступлений на наклонные поверхности.

Предложен расчет теплопоступлений от солнечной радиации с учетом безоблачных дней и сделаны выводы о необходимости учета ясных дней при расчете теплопоступлений от солнечной радиации за отопительный период.

Список литературы

1. Кондратьев К.Я., Пивоварова З.И., Федорова М.П. Радиационный режим наклонных поверхностей. Ленинград: Гидрометеоздат, 1978. 170 с.
2. Пивоварова З.И. Облучение стен зданий солнечной радиацией в различных географических районах // *Труды ГГО*. 1969. Вып. 250. С. 23–49.
3. Современные исследования Главной геофизической обсерватории / Под ред. М.Е. Берлянда, В.П. Мелешко. СПб.: Гидрометеоздат, 2001. 344 с.
4. РД 52.04.562–96. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Актинометрические наблюдения на станциях. Вып. 5. Ч. 1. М.: Росгидромет, 1997. 221 с.
5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 1–34. СПб.: Гидрометеоздат, 1989–1998.
6. Klucher T. Evaluation of models to predict insolation on tilted surfaces // *Solar Energy*. 1979. V. 23. P. 111–114.
7. Hay J., Davies J. Calculation of the solar radiation incident on inclined surface // *Proceedings First Canadian Solar Radiation Data Workshop*. 1980. P. 59–72.
8. Ivanova S.M. Estimation of background diffuse irradiance on orthogonal surfaces under partially obstructed anisotropic sky. Part 1 – Vertical surfaces // *Solar Energy*. 2013. P. 376–391.
9. Стадник В.В., Горбаренко Е.В., Шиловцева О.А., Задворных В.А. Сравнение вычисленных и измеренных величин суммарной и рассеянной радиации, поступающей на наклонные поверхности, по данным наблюдений в Метеорологической обсерватории МГУ // *Труды ГГО*. 2016. Вып. 581. С. 138–154.
10. Пигольщина Г.Б. Радиационные факторы мезо- и микроклимата. СПб.: Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия, 2003. 199 с.
11. Голубова Т.А. Расчеты средних часовых сумм прямой солнечной радиации на наклонные поверхности // *Труды ГГО*. 1980. Вып. 426. С. 90–103.
12. Горбаренко Е.В. Климатические изменения радиационных параметров атмосферы по данным наблюдений в Метеорологической обсерватории МГУ // *Метеорология и гидрология*. 2016. № 2. С. 5–17.
13. Norris J.R., Wild M. Trends in aerosol radiative effects over Europe inferred from observed cloud cover, solar “dimming”, and solar “brightening” // *Journal of Geophysical Research*. 2007. Vol. 112. Iss. D 08. Doi:10.1029/2006JD007794.
14. Ohmura A. Observed decadal variations in surface solar radiation and their causes // *Journal of Geophysical Research*. 2009. Vol. 114. Iss. D 10. Doi:10.1029/2008JD011290.
15. Wild M. Global dimming- and brightening: A review. // *Journal of Geophysical Research*. 2009. Vol. 114. Iss. D 10. Doi:10.1029/2008JD011470.
16. Круглова А.И. Климат и ограждающие конструкции. М.: Стройиздат, 1970. 166 с.

References

1. Kondrat'ev K.Ya., Pivovarova Z.I., Fedorova M.P. Radiatsionnyi rezhim naklonnykh poverkhnostei [Radiation mode of inclined surfaces]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1978. 170 p.
2. Pivovarova Z. I. Radiation of walls of buildings solar radiation in various geographical areas. *Works of the main geophysical observatory*. 1969. Issue 250. P. 23–49. (In Russian).
3. Sovremennyye issledovaniya glavnoi geofizicheskoi observatorii [Modern researches of the main geophysical observatory]. Under the editorship of M.E. Berlyand, V.P. Meleshko. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat. 2001. 344 p.
4. RD 52.04.562–96. Nastavlenie gidrometeorologicheskim stantsiyam i postam. Aktinometricheskie nablyudeniya na stantsiyakh [Manual to hydrometeorological stations and posts. Aktinometrichesky observations at stations]. Iss. 5, part I. Moscow: Roshydromet. 1997. 221 p.
5. Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye [The scientific and application-oriented reference manual on climate of the USSR. Series 3. Long-term data]. Parts 1–6. Iss. 1–34. Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat. 1989–1998.
6. Klucher T. Evaluation of models to predict insolation on tilted surfaces. *Solar Energy*. 1979. Vol. 23, pp. 111–114.
7. Hay J., Davies J. Calculation of the solar radiation incident on inclined surface. *Proceedings First Canadian Solar Radiation Data Workshop*. 1980, pp. 59–72.
8. 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.
9. Stadnik V.V., Gorbarenko E.V., Shilovtseva O.A., Zadvornyykh V.A. Comparison of the calculated and measured sizes of the total and scattered radiation arriving on inclined surfaces according to observations in Meteorological observatory of MSU. *Works of the main geophysical observatory*. 2016. Iss. 581, pp. 138–154. (In Russian).
10. Pigol'tsina G.B. Radiatsionnye faktory mezo- i mikroklimate. [Radiation factors meso – and a microclimate]. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya. 2003. 199 p.
11. Golubova T.A. Calculations of the average hour sums of direct solar radiation on inclined surfaces. *Works of the main geophysical observatory*. 1980. Iss. 426, pp. 90–103. (In Russian).
12. Gorbarenko E.V. Climatic changes of radiation parameters of the atmosphere according to observations in meteorological observatory of MSU. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2016. No. 2, pp. 5–17. (In Russian).
13. Norris J.R., Wild M. Trends in aerosol radiative effects over Europe inferred from observed cloud cover, solar “dimming”, and solar “brightening”. *Journal of Geophysical Research*. 2007. Vol. 112. Iss. D 08. Doi:10.1029/2006JD007794.
14. Ohmura A. Observed decadal variations in surface solar radiation and their causes. *Journal of Geophysical Research*. 2009. Vol. 114. Iss. D 10. Doi:10.1029/2008JD011290.
15. Wild M. Global dimming- and brightening: A review. *Journal of Geophysical Research*. 2009. Vol. 114. Iss. D 10. Doi:10.1029/2008JD011470.
16. Kруглова А.И. Климат и ограждающие конструкции [Climate and the protecting designs.] Moscow: Stroyizdat, 1970. 166 p.

Юбилейное XXV Общее собрание членов Российской академии архитектуры и строительных наук прошло под девизом «Научные исследования — важнейший фактор инновационного развития архитектурно-строительного комплекса и градостроительной деятельности в России»

За 25 лет Российская академия архитектуры и строительных наук (далее – РААСН, Академия) сформировалась как федеральный научный центр, осуществляющий координацию фундаментальных исследований в сфере архитектуры, градостроительства и строительных наук и объединяющий крупнейших мастеров архитектуры и градостроительства, ученых в области архитектурной, градостроительной и строительной науки. РААСН активно включилась в разработку, реализацию и научное сопровождение государственных программ и иных программных документов в указанных областях.

РААСН эффективно взаимодействует с Российской академией наук (РАН), другими государственными академиями наук, Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Министерством образования и науки Российской Федерации, Министерством культуры Российской Федерации, другими государственными и профессиональными организациями. Академия успешно сотрудничает с регионами России, заключены десятки соглашений о сотрудничестве с региональными органами власти.

Перед началом пленарного заседания Общего собрания, которое проходило в Центральном доме архитекторов в Москве, состоялось торжественное открытие выставки РААСН-2017, посвященной 25-летию Академии, 100-летию первого президента РААСН А.Г. Рочегова. В рамках мероприятия прошла выставка работ членов РААСН по теме научной части Общего собрания членов РААСН (интерактивная экспозиция).

С приветственным словом обратился зам. министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Х.Д. Мавляров, отметив высокий профессионализм членов академии, что позволяет реализовывать масштабные проекты в сфере архитектуры и градостроительства. Зам. министра культуры Российской Федерации О.В. Рыжков пожелал членам РААСН развивать систему наставничества, передавая опыт и знания молодым специалистам. Вице-президент Российской академии образования Н.Н. Малофеев назвал 25-летний юбилей сочетанием молодого творческого духа и многолетнего опыта.

На пленарном заседании с докладом по теме научной части Общего собрания членов РААСН «Научные исследования – важнейший фактор инновационного развития архитектурно-строительного комплекса и градостроительной деятельности в России» выступил президент Академии академик РААСН А.В. Кузьмин, который напомнил некоторые факты из истории Академии. В 2017 г. исполняется сто лет со дня рождения первого президента РААСН академика А.Г. Рочегова, который был инициатором и создателем Академии в 1992 г. А.В. Кузьмин напомнил о непростой истории развития советской архитектуры: о восстановлении разрушенных в ходе Великой Отечественной войны

крупнейших городов СССР, о времени индустриального строительства и «борьбе с архитектурными излишествами», которая была развернута в середине 1950-х гг., о попытках реформировать Академию и возникших проблемах. Во второй части выступления президент РААСН обозначил основные проблемы в современном градостроительстве. Он констатировал, что в настоящее время основная роль Академии в процессе градостроения значительно снижена, как и роль наставничества при обучении. Также была отмечена и проблема подготовки профессиональных кадров. А.В. Кузьмин затронул проблему миграции населения внутри России: необходимо рассмотреть и проработать систему расселения на территории Российской Федерации. Такая работа уже ведется. Однако президент РААСН предостерег от ошибок в таком непростом вопросе, отметив, что данную проблему следует внимательно изучить. Президент РААСН акцентировал внимание участников Общего собрания на роли Академии, выделив несколько ключевых аспектов: в частности, члены Академии должны принимать активное участие в территориальном планировании. Также была создана комиссия по цифровой экономике, что, по словам А.В. Кузьмина, является крайне важным: необходимо создать российский пласт градостроительства, архитектуры, кадастра памятников в единой системе развития, чтобы не отстать от мирового сообщества.

Инновационный путь развития России и задачи, связанные с реализацией стратегии государства по качественному повышению уровня жизни, комфортности труда и отдыха граждан, укреплению суверенитета и национальной безопасности Российской Федерации определяют необходимость решения проблем обеспечения граждан жильем, развития инфраструктуры систем расселения, городов и их агломераций, сельских и иных форм поселений. Представление о комфортной и безопасной среде жизнедеятельности связано с модернизацией и высокотехнологичным развитием архитектурно-строительного комплекса и градостроительной деятельности, основу которых составляют фундаментальные, поисковые и прикладные научные исследования, а также многоуровневая система профессиональной подготовки кадров, обеспечивающие внедрение передовых научных разработок, новейших технологий, прорывных инноваций.





Архитектура, градостроительство и строительство имеют выраженный инфраструктурный и социальный характер, распространяя результаты деятельности на все виды основных фондов и генерируя инновационное развитие большого количества смежных отраслей промышленности, что влияет на производственные мощности страны в целом и является одной из важнейших точек роста национальной экономики в социально-экономическом развитии Российской Федерации.

Все эти вопросы были освещены в докладах, которые сделали от отделения архитектуры – член-корреспондент РААСН В.Н. Логвинов на тему «Системный подход к стимулированию инновационной деятельности. Мировой и отечественный опыт»; от отделения градостроительства – вице-президент РААСН по направлению «Градостроительство» академик РААСН И.Г. Лежава на тему «Инновации в градостроительном освоении Приполярья и Дальнего Востока»; от отделения строительных наук – вице-президент РААСН по направлению «Строительные науки» академик РААСН В.И. Травуш на тему «Достижения строительной отрасли»; от президиума – вице-президент РААСН по направлению «Инновации» академик РААСН В.А. Ильичев на тему «Инновации РААСН как единый комплекс, способствующий развитию человеческого потенциала в стране».

Главный ученый секретарь, член-корреспондент РААСН П.А. Акимов рассказал о формировании, реализации и мониторинге качества выполнения Плана фундаментальных научных исследований РААСН и Минстроя России. В 2016 г. на официальном интернет-сайте РААСН были размещены результаты исследований, готовые для практического применения (в проектировании, в строительстве и при эксплуатации зданий, сооружений и комплексов, а также при разработке сводов правил и других документов нормативного характера) и ориентированные на использование проектировщиками, подрядчиками, научными работниками, преподавателями и студентами образовательных организаций высшего образования, обучающихся по укрупненным группам



направлений подготовки «Техника и технологии строительства» и «Архитектура», а также представителями родственных специальностей. В дальнейшем планируется каждый год по завершении очередного цикла научных исследований, обновлять, добавлять и развивать указанные инновационные предложения РААСН. В 2016 г. учрежден гриф «РААСН» для учебников и учебных пособий, призванный стать «знаком качества» учебных изданий в области архитектуры, градостроительства и строительства. Представляется, что гриф РААСН, присваиваемый по результатам комплексной (научной и учебно-методической) экспертизы учебных изданий, будет важен как для рядовых читателей, так и для библиотек, стремящихся оперативно отобрать высококачественную учебную литературу.

В соответствии с постановлением Президиума Российской академии архитектуры и строительных наук от 7 декабря 2016 г. № 12 о проведении выборов академиков РААСН и членов-корреспондентов РААСН научными организациями, действующими в сфере архитектуры, градостроительства и строительных наук, и членами РААСН были выдвинуты 32 кандидата в академики РААСН и 83 кандидата в члены-корреспонденты РААСН. Общим собранием членов РААСН 20–21 апреля 2017 г., согласно уставу РААСН, академиками РААСН избраны от отделения архитектуры Д.В. Буш, М.М. Посохин, Е.М. Рапопорт; от отделения градостроительства И.А. Бондаренко, М.В. Шубенков; О.В. Малинова; от отделения строительных наук П.А. Акимов, В.Т. Ерофеев. Членами-корреспондентами РААСН избраны от отделения архитектуры РААСН О.В. Орельская; М.С. Штиглиц; А.Ю. Казарян; Е.В. Полянцева; О.С. Романов; Н.И. Шумаков; Д.В. Величкин; от отделения градостроительства РААСН С. Д. Митягин; Г.А. Птичкикова; В.А. Ким; Д.Ю. Ломакина; от отделения строительных наук РААСН С.С. Каприелов; Г.Г. Кашеварова; Д.Г. Копаница; В.И. Морозов; С.Г. Емельянов; С.Б. Крылов; В.Л. Мандрус; И.Л. Шубин.

Поздравляем коллег!



УДК 692.2

Д.Ю. ЖЕЛДАКОВ¹, канд. техн. наук (djeld@mail.ru);
А.А. ФРОЛОВ², инженер технического надзора (a.frolov@proekt-ts.su)

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики НИИСФ РААСН (127238, г. Москва, Лocomотивный пр., 21)

² ООО «Проекттхстрой» (115230, г. Москва, Каширское ш., 7, корп. 1)

Сегментный метод расчета распределения температуры по сечению ограждающей конструкции здания

Приведена методика определения количества циклов перехода температуры через ноль для различных сечений ограждающей конструкции здания. В основу методики положено решение дифференциального уравнения теплопроводности Фурье, определяющее одномерную теплопередачу при нестационарных условиях при постоянных коэффициентах методом конечных разностей. Разработанная методика позволяет рассчитать температуру в любом сечении ограждающей конструкции в любой момент времени. При этом в расчете участвует не нормированная, а реальная наружная температура окружающего воздуха. Для подтверждения правильности разработанной методики были проведены длительные испытания на наружной стене эксплуатируемого здания. Результаты испытаний показали хорошую сходимость расчетных и экспериментальных данных. Подробно изложена методика проведения испытаний и обработки данных эксперимента. Сравнение разработанного метода расчета с методами Муромова – Шкловера и С.В. Александровского показало его преимущество.

Ключевые слова: здание, теплопроводность, долговечность, температура, ограждающая конструкция, эксперимент.

Для цитирования: Желдаков Д.Ю., Фролов А.А. Сегментный метод расчета распределения температуры по сечению ограждающей конструкции здания // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 36–39.

D.Yu. ZHELDAKOV¹, Candidate of Sciences (Engineering) (djeld@mail.ru); A.A. FROLOV², Engineer (a.frolov@proekt-ts.su)

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

² «Proekttehstroy» ООО (7, build. 1, Kashirskoe Highway, Moscow, 115230, Russian)

Segment Method for Calculation of Temperature Distribution along the Section of the Enclosing Structure of a Building

Methods for determining the number of cycles of the temperature transition via zero for different sections of enclosing structures of the building are presented. The basis of methods is the solution of the differential equation of heat conductivity of Fourier which determines the one-dimensional heat transfer under non-stationary conditions at permanent coefficients with the help of the finite difference method. Developed methods make it possible to calculate the temperature at any section of the enclosing structure at any moment of time. At this, a real external temperature of the ambient air, not standard, participates in the calculation. To confirm the correctness of the developed methods, long-term testing on the external wall of the operated building has been conducted. The results of tests showed a good convergence of calculated and experimental data. Methods for conducting tests and processing the experiment data are described in details. Comparison of the developed method with the methods of Muromov-Shklover and S.V. Aleksandrovsky shows its advantage.

Keywords: building, heat conductivity, durability, temperature, enclosing structure, experiment.

For citation: Zheldakov D.Yu., Frolov A.A. Segment method for calculation of temperature distribution along the section of the enclosing structure of a building. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 36–39. (In Russian).

При разработке методики расчета предельной долговечности ограждающих конструкций, т. е. определения временного периода, при котором данная конструкция может выполнять свои функции, необходимо правильно оценить скорость деструкции материалов, из которых состоит конструкция. В северных широтах основным критерием, характеризующим устойчивость материала к разрушению, является его морозостойкость. Процесс политермической кристаллизации происходит по всему сечению наружной стены, что приводит к необходимости определения и учета количества циклов перехода температуры через ноль в сечениях, расположенных на разной глубине от наружной поверхности ограждающей конструкции [1–3].

Для решения задачи расчета распределения температуры по сечению наружной ограждающей конструкции не-

обходимо решить дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье, определяющее одномерную теплопередачу при нестационарных условиях при постоянных коэффициентах. В конечных разностях это уравнение запишется:

$$\frac{\Delta t}{\Delta z} = a \frac{\Delta^2 t}{\Delta x^2}, \quad (1)$$

где a – коэффициент температуропроводности среды, м²/с;

$$a = \frac{\lambda}{c \gamma}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м²·°С); c – удельная теплоемкость материала, кДж/(кг·°С); γ – плотность материала, кг/м³; Δt , Δz , Δx – конечные приращения температуры (°С), времени (с), толщина элементарных слоев (м).

Общая формула для определения температуры в любой плоскости через интервал времени Δz по температурам в той же плоскости и в двух соседних плоскостях в предыдущий момент времени z [4, 5]:

$$t_{n,z+1} = t_{n,z} + a \frac{\Delta z}{\Delta x^2} (t_{n+1,z} + t_{n-1,z} - 2 t_{n,z}). \quad (3)$$

К.Ф. Фокиным было введено ограничение на интервал времени для последовательных измерений температуры Δz_{max} , а также предложены формулы расчета температуры на внутренней и наружной поверхностях и на границе двух материалов:

$$\Delta z_{max} = \frac{\Delta x^2}{2a}. \quad (4)$$

Данная методика была применена авторами для расчета количества переходов температуры через ноль в различных сечениях кирпичной кладки. Задача была сформулирована следующим образом: необходимо определить количество переходов температуры через ноль в сечениях наружной кирпичной стены толщиной 510 мм (два кирпича), расположенных на расстоянии 25, 75, 125, 175, 225, 275 и 325 мм от наружной поверхности.

В связи с тем, что данные гидрометеорологических центров представлены с интервалом три часа [6] ($z_{max} = 3 \text{ ч} = 10,8 \cdot 10^3 \text{ с}$), необходимо определить минимальное расстояние между рассматриваемыми сечениями. Для этого, преобразуя (4), было определено Δx_{min} :

$$\Delta x_{min} \geq \sqrt{2a\Delta z_{max}}, \quad (5)$$

Откуда для красного глиняного кирпича:

$$\Delta x_{min} \geq \sqrt{2 \cdot 10,8 \cdot 10^3 \cdot 5,11 \cdot 10^{-7}} = 10,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}. \quad (6)$$

Для расчета температуры наружной стены в выбранных сечениях применяется метод линейной интерполяции с использованием вычисленной температуры в ближайших сечениях.

Результаты расчетов формировались в виде таблиц и графиков. Пользуясь графиками распределения температуры в различных сечениях кладки, количество циклов перехода температуры через ноль в каждом сечении определяется двойным пересечением линии, соответствующей нулю градусов.

Для подтверждения точности разработанного метода расчета были проведены эксперименты в здании 1905 г. постройки с наружными стенами толщиной 950 мм из полнотелого керамического кирпича. Стена, на которой проводился эксперимент, имеет южную ориентацию и фасадом обращена в сторону замкнутого двора. Стена соседнего здания расположена на расстоянии 4,7 м.

Такой выбор исследуемого объекта был обусловлен тем, что однослойная конструкция позволяет снизить погрешность эксперимента, так как нет необходимости учитывать параметры различных материалов; значительная толщина стены также уменьшает погрешность эксперимента, так как градиент изменения температуры меньше, чем для стен меньшей толщины; при проведении эксперимента была возможность поддержи-

вать высокую внутреннюю температуру помещения (около 26°C), что увеличило тепловой поток и соответственно тоже снизило погрешность.

Температура и плотность теплового потока измерялись прибором ИТП-МГ 4.03/10(1) «Поток». Расположение датчиков контроля показано на рис. 1.

Датчики температуры были установлены для измерения наружной (t_1) и внутренней (t_7) температуры на расстоянии 300 мм от поверхности стены, температуры наружной (t_2) и внутренней (t_6) поверхностей стенки, кроме того, три датчика температуры были установлены в толще наружной стены на расстоянии 85 (t_3), 185 (t_4) и 280 (t_5) мм от наружной поверхности стены здания.

При установке датчиков (t_3)–(t_5) в стене с внутренней стороны были просверлены отверстия, диаметром 22 мм, которые после установки датчиков закрывались утеплителем. На внутренней поверхности было установлено три датчика теплового потока (q_1, q_2, q_3) на расстоянии 250 мм друг от друга. За значение теплового потока принималось среднее арифметическое значений показаний датчиков.

Эксперимент проводился в течение трех с половиной месяцев, с начала января по середину апреля. Все показания прибора фиксировались с временным интервалом 20 мин.

Результаты эксперимента обрабатывались в два этапа: на первом этапе по полученным данным показаний прибора рассчитывались реальные значения коэффициента теплопроводности и коэффициентов теплоотдачи внутренней и внешней поверхности ограждающей конструкции; на втором этапе экспериментальные данные распределения температуры по сечению наружной стены сравнивались с расчетными.

На рис. 2 приведены графики наружной (t_1) и внутренней (t_7) температуры, температуры наружной (t_2) и внутренней (t_6) поверхностей стены по показаниям прибора и расчетное значение коэффициента теплопроводности.

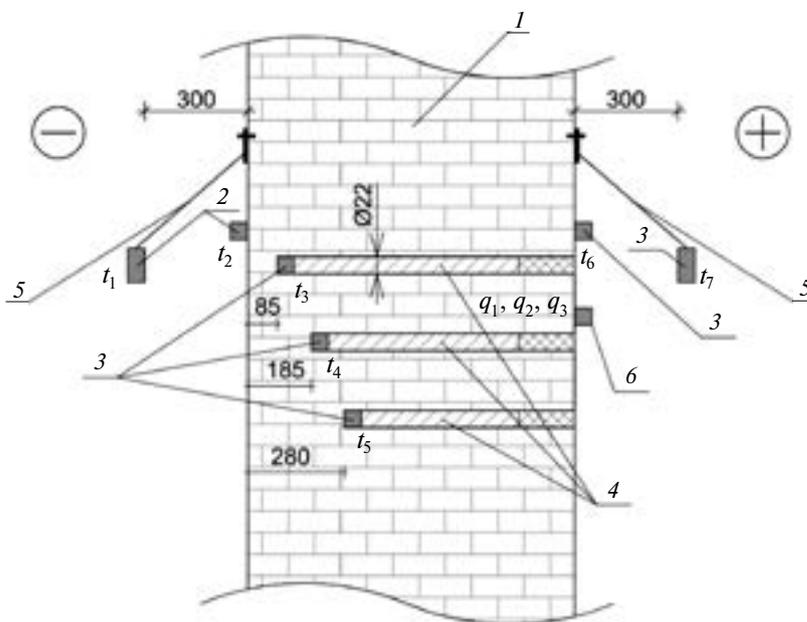


Рис. 1. Схема размещения датчиков при эксперименте на эксплуатируемой наружной стене здания: 1 – наружная стена здания; 2 – датчики наружной температуры и температуры наружной поверхности стены; 3 – датчики внутренней температуры и температуры внутренней поверхности стены; 4 – технические отверстия для установки датчиков температуры по сечениям наружной стены; 5 – кронштейны крепления датчиков наружной и внутренней температуры; 6 – датчики теплового потока

График значений теплового потока представляет собой среднее арифметическое измеренных значений теплового потока (q_1, q_2, q_3).

Среднее значение коэффициента теплопроводности, рассчитанное по 2 тыс. точкам, составило 0,84 Вт/(м·°C).

Расчеты коэффициентов теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей проводились по формулам:

$$\alpha_B = \frac{(t_B - \tau_B - 1)}{R} = \frac{(t_7 - \tau_6 - 1)}{R}; \quad (7)$$

$$\alpha_H = \frac{(\tau_H - t_H - 1)}{R} = \frac{(t_6 - t_1 - 1)}{R}, \quad (8)$$

где α_B, α_H – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей соответственно, Вт/(м²·°C); τ_B, τ_H – температура внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции соответственно, °C; t_B, t_H – температура внутреннего и наружного воздуха соответственно, °C; R – коэффициент термического сопротивления, м²·°C/Вт.

Тепловая волна, проходящая через стену, имеет фазу затухания колебаний температуры и теплового потока. Следовательно, значения экспериментальных данных должны приниматься в расчетах с учетом фазы запаздывания прохождения тепловой волны через толщу ограждающей конструкции.

Затухание колебаний температуры на протяжении от плоскости с координатой x до границы стены β для частного случая, когда обе плоскости (начальная и конечная по движению волны) расположены на участке регулярных колебаний, запишется в следующем виде [7, 8]:

$$\beta = e^{Rs\sqrt{t}}, \quad (9)$$

где s – коэффициент теплоусвоения материала, введенный в практику О.Е. Власовым [9], рассчитывается по формуле:

$$s = \sqrt{\frac{2\pi\lambda c\gamma}{z}}, \quad (10)$$

где z – период колебаний, с.

Надо отметить, что затухание температуры, представленное в виде комплексного числа, очень удобно, так как модуль числа показывает, во сколько раз уменьшилась амплитуда колебаний, а аргумент – насколько уменьшились начальные фазовые углы. Тогда на участке регулярных колебаний величина уменьшения колебания температуры вычисляется по формуле:

$$\beta_t = e^{Rs/\sqrt{z}} \text{ (раз)}, \quad (11)$$

а фаза запаздывания по формуле:

$$\beta_\varphi = \frac{R\lambda}{\sqrt{z}} \text{ (рад)}. \quad (12)$$

Чтобы получить указанное запаздывание в часах, необходимо воспользоваться формулой:

$$\beta'_\varphi = \frac{\beta_\varphi z}{2\pi} \text{ (ч)}. \quad (13)$$

Вычисления по формулам (12) и (13) позволили определить и учесть в расчетах время запаздывания волн температурного и теплового потока: время запаздывания при прохождении всей стены равно 25,4 ч; от точки измерения температуры t_3 до внутренней поверхности стены – 22,6 ч, между точками измерения температуры t_3 и t_5 – 5,1 ч, при этом значение q определялось со сдвигом на 22,6 ч.

Средние расчетные значения коэффициентов теплоотдачи наружной и внутренней поверхностей по 2 тыс. расчетным точкам следующие: для внутренней поверхности 9,1 Вт/(м²·°C), для наружной поверхности 5,1 Вт/(м²·°C); те же расчетные значения показаны на рис. 2.

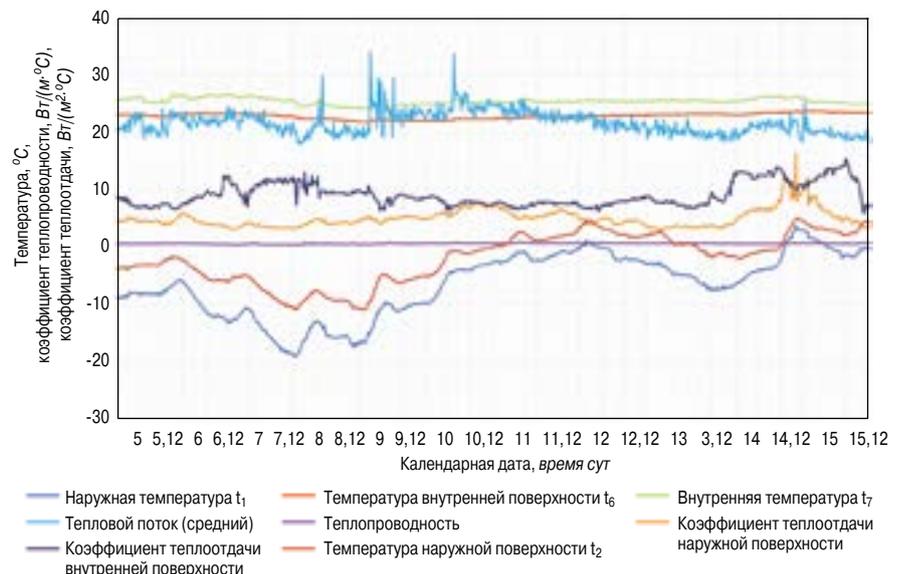


Рис. 2. Расчетные и экспериментальные данные при проведении эксперимента на ограждающей конструкции эксплуатируемого здания

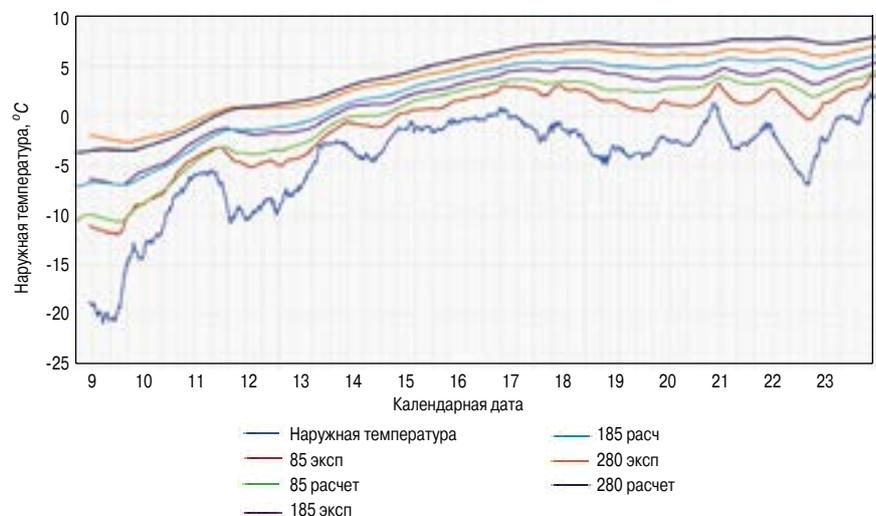


Рис. 3. Расчетные и экспериментальные значения температуры в различных сечениях ограждающей конструкции

С учетом промежуточных расчетов, приведенных ранее, был произведен расчет значений температуры в сечениях наружной стены здания, расположенных на расстоянии 85, 185 и 280 мм от наружной поверхности, по разработанной методике по методу конечных разностей и сопоставлен с реальной температурой в данных сечениях, замеренной в ходе эксперимента. На рис. 3 приводятся расчетные и экспериментальные графики на небольшом временном интервале в 12 дней. На графиках расчетные значения с хорошей сходимостью совпадают с экспериментальными кривыми во всех сечениях.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработанная методика расчета распределения температуры по сечению ограждающей конструкции с использованием метода конечных разностей дает хорошую сходимость с экспериментальными данными и может быть использована в расчетах количества циклов заморозания-оттаивания по сечению ограждающей конструкции.

Было проведено сравнение разработанной методики расчета с методиками Муромова – Шкловера [7, 8] и С.В. Александровского [10]. В обеих методиках процесс теплопередачи представляется как квазистационарный с гармоническими колебаниями температуры и теплового потока с течением времени.

Для методики Муромова – Шкловера в сравнении с разработанной методикой можно отметить, что результаты расчетов смещения фазы при сравнении с результатами по методике конечных разностей дали хорошую сходимость результатов. Однако результаты расчета затухания температурной волны в толще наружной стены показали существенное различие – от 4,8 до 46,3%. При этом методика

Муромова – Шкловера дает постоянно заниженные результаты затухания температурной волны, особенно в более глубоких сечениях кладки.

Методика расчета количества циклов перехода через ноль для различных сечений наружной стены здания, предложенная С.В. Александровским, дает завышение результатов количества циклов в несколько раз.

Основной причиной расхождения результатов двух методик с разработанной надо считать условность описания реальной температурной волны волной гармонического колебания температуры.

Выводы.

Разработана методика определения количества циклов перехода температуры через ноль для различных сечений ограждающей конструкции здания. В основу методики положено решение дифференциального уравнения теплопроводности Фурье, определяющее одномерную теплопередачу при нестационарных условиях при постоянных коэффициентах методом конечных разностей, предложенным О.Е. Власовым, К.Ф. Фокиным. Проведенный на реальной наружной стене здания эксперимент показал хорошую сходимость расчетных и экспериментальных данных. Сравнение разработанного метода расчета с методами Муромова – Шкловера и С.В. Александровского показали преимущество разработанного метода расчета.

Проведение расчетов распределения температуры по сечению наружной стены здания, используя разработанный метод, позволяет с большой достоверностью определить количество циклов замораживания-оттаивания в любом сечении ограждающей конструкции.

Список литературы

1. Желдаков Д.Ю., Фролов А.А., Иванов С.Ю. Исследования прочности кладки стен в здании Кадашевских бань // *Строительные материалы*. 2016. № 6. С. 55–57.
2. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Зубарев К.П. Анализ расположения зоны наибольшего увлажнения в ограждающих конструкциях с различной толщиной теплоизоляционного слоя // *Жилищное строительство*. 2016. № 6. С. 8–12.
3. Желдаков Д.Ю. Сегментный метод определения прочности ограждающей конструкции // *Строительство и реконструкция*. 2016. № 3. С. 10–17.
4. Власов О.Е. Плоские тепловые волны // *Известия теплотехнического института*. 1927. Вып. 3 (26).
5. Фокин К.Ф. Расчетные температуры наружного воздуха. М.: Стандартгиз, 1946. 64 с.
6. Российский гидрометеорологический портал. Гидрометеорологические данные Российского государственного фонда данных о состоянии природной среды <http://meteo.ru/>.
7. Муромов С.И. Расчетные температуры наружного воздуха и теплоустойчивость ограждений. М.: Стройиздат Наркомстроя, 1939. 72 с.
8. Шкловер А.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях. М.: Госэнергоиздат, 1961. 160 с.
9. Власов О.Е. Основы строительной теплотехники. М.: ВИА РККА, 1938. 96 с.
10. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций. М.: НИИСФ РААСН, 2004. 332 с.

References

1. Zheldakov, D.Yu., Frolov A.A., Ivanov S.Yu. Study of masonry durability in the Kadashevski baths building. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 6, pp. 55–57. (In Russian).
2. Gagarin V. G., Kozlov V. V., Zubarev, K. P. Analysis of the zone location of maximum moistening in the wall system with different thickness of insulation layer. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Zhilishchnoe Stroitel'stvo]. 2016. No. 6, pp. 8–12. (In Russian).
3. Zheldakov D.Yu. Segment method of definition of durability of enclosing structures. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2016. No. 3, pp. 10–17. (In Russian).
4. Vlasov O.E. Flat heat waves. *Izvestiya teplotekhnicheskogo instituta*. 1927. Vol. 3 (26). (In Russian).
5. Fokin K.F. Raschetnye temperatury naruzhnogo vozdukh [Design ambient air temperature]. Moscow: Standartgiz. 1946. 64 p.
6. The Russian hydrometeorological portal. Hydrometeorological data of the Russian state Fund of data on the state of the environment <http://meteo.ru/>. (In Russian).
7. Muromov S.I. Raschetnye temperatury naruzhnogo vozdukh i teploustoichivost' ograzhdenii [Design of the outdoor temperature and the thermal stability of the fence]. Moscow: Stroizdat Narkomstroya. 1939. 72 p.
8. Sklover A.M. Teploperedacha pri periodicheskikh teplovykh vozdествiyakh [Heat transfer at periodic thermal effects]. Moscow: Gosenergoizdat. 1961. 160 p.
9. Vlasov O. E. Osnovy stroitel'noi teplotekhniki [Fundamentals of building heat engineering]. Moscow: VIA RPKA. 1938. 96 p.
10. Aleksandrovsky S.V. Dolgovechnost' naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruktssii [Durability of enclosing structures]. Moscow: NIISF RAASN. 2004. 332 p.

УДК 72.03

П.Н. УМНЯКОВ¹, д-р техн. наук, профессор; Н.П. УМНЯКОВА², канд. техн. наук;
Н.Е. АЛДОШИНА³, художник-реставратор высшей категории

¹ Институт искусств реставрации (105037, Москва, городок им. Баумана, 3, корп. 4)

² Научно-исследовательский институт строительной физики НИИСФ РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

³ Свято-Троицкая Сергиева Лавра (141300, Московская обл., г. Сергиев Посад)

Сохранение древних шедевров русской иконописи Троицкого собора Свято-Троицкой Сергиевой лавры

Рассмотрена история Троицкого собора Свято-Троицкой Сергиевой лавры, построенного в 1421–1423 гг. Особое внимание уделено вопросам объемно-планировочного и конструктивного решения собора, благодаря которому каменная постройка XV в. сохранилась до нашего времени, а также вопросам обеспечения благоприятных температурно-влажностных условий внутри храма, позволивших обеспечить сохранность уникальных икон. В работе анализируется возможность функционирования системы отопления в Троицком соборе, приводится конструктивное решение печей для отопления; расположение решеток в полу и нижних частях стен, по которым теплый воздух от печей попадет внутрь собора, и вытяжные отверстия для удаления отработанного воздуха. Проведенные исследования позволили установить, что продуманная древними зодчими система отопления и раздачи теплого воздуха в помещение храма позволила обеспечить благоприятный температурно-влажностный режим в Троицком соборе и обеспечить сохранность уникальных икон, написанных Андреем Рублевым, Даниилом Черным и древними иконописцами.

Ключевые слова: температурный режим, влажность, печное отопление, собор, конструктивное решение.

Для цитирования: Умняков П.Н., Умнякова Н.П., Алдошина Н.Е. Сохранение древних шедевров русской иконописи Троицкого собора Свято-Троицкой Сергиевой лавры // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 40–44.

P.N. UMNYAKOV¹, Doctor of Sciences (Engineering), Professor; H.P. UMNYAKOVA², Candidate of Sciences (Engineering);
N.E. ALDOSHINA³, Artist-Restorer of Highest Degree

¹ Restoration Art Institute (3, block. 4, Bauman Village Street, 105037 Moscow, Russian Federation)

² Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences
(21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian)

³ Holy Trinity- St. Sergius Lavra (Sergiev Posad, Moskovskaya Oblast, 141300, Russian Federation)

Preservation of Ancient Masterpieces of Russian Icon Painting of the Trinity Cathedral of the Holy Trinity-St. Sergius Lavra

The article considers the history of the Trinity Cathedral of the Holy Trinity Sergius Lavra, built in 1421–1423. Particular attention is paid to the space-planning and constructive decisions of the cathedral, thanks to which the stone building of the 15th century has survived to our time, as well as to the issues of providing favorable temperature and humidity conditions inside the Cathedral, which allowed preserving the unique icons. The possibility of functioning of the heating system in the Trinity Cathedral is analyzed in the work, the constructive solution of the rocket stove for heating is given in the article. The arrangement of air inlets in the floor and the lower parts of the walls, through which the warm air from the furnaces gets inside the Cathedral, and exhaust openings for removing the exhaust air. The studies conducted made it possible to establish that the system of heating and distribution of warm air in the temple premises thought out by ancient architects allowed to ensure a favorable temperature and humidity regime in the Trinity Cathedral and to ensure the preservation of unique icons written by Andrei Rublev, Daniil Cherniy and ancient icon painters.

Keywords: temperature regime, humidity, stove heating, cathedral, constructive solution.

For citation: Umnyakov P.N., Umnyakova H.P., Aldoshina N.E. Preservation of ancient masterpieces of russian icon painting of the Trinity cathedral of the holy Trinity-St. Sergius lavra. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 40–44. (In Russian).

Троицкий собор – одно из первых белокаменных зданий Сергиевой лавры был воздвигнут в 1422–1423 гг. в честь основателя монастыря преподобного Сергия Радонежского. Его строительство выполнено по заказу игумена Никона на средства московского великого князя Василия I и князя Юрия Звенигородского. Он является одним из сохранившихся памятников Руси начала XV в. Как считает В.И. Балдин [1], «этого периода особый интерес представляют три памятника в окрестностях Москвы – церковь Успенья на Городке в Звенигороде (1399 г.), Рождественский собор Саввино-Сторожевского монастыря (1405 г.) и Троицкий собор в Троице-Сергиевой лавре (1423 г.)».

Ряд архитектурных источников трактует, что облик Троицкого собора воспринимается как простое повторение звенигородских соборов. В действительности с этим нельзя согласиться. В Троицком соборе имелся иконостас из белого камня, в котором устанавливались иконы в несколько рядов (рис. 1, 2). В Успенском соборе каменной алтарной преграды нет (рис. 3). В его западной части – хоры, на которые ведет внутренняя лестница. Троицкий собор, как монастырский храм, не имел хора и на протяжении веков «обрастал» пристройками (рис. 4).

Толщина наружных стен Троицкого собора составляет 150 см. Их конструкция представляет белый известняковый камень толщиной 35 см с внутренней и наружной стороны



Рис. 1. Иконостас Троицкого собора Свято-Троицкой Сергиевой лавры

и между ними крупная булыжная кладка толщиной 80 см на известковом растворе [2]. Проведенные в 1928 г. раскопки у северной стены собора показали, что кладка цоколя состоит из пяти рядов булыжных камней, опирающихся на голыш, выступающий карнизом на глубину около 2 м [1]. Такое конструктивное решение наружных стен и связка их с валунным фундаментом создают единую пространственную жесткость здания и исключают его деформацию. В то же время в других исторических зданиях Троице-Сергиевой лавры, наружные стены которых выполнены только из кирпичной кладки, как в Успенском соборе, Трапезной и Казначейском корпусе, произошли неравномерные деформации [3]. Одной из причин этих деформаций является ослабление фундамента, обусловленное изменившимися с веками прочностными свойствами строительных материалов. Все эти уникальные технические решения, принятые русскими зодчими при строительстве Троицкого собора, предотвратили разрушение его конструктивных элементов, включая иконостас. Тем не менее надо отметить, что в многочисленных работах, посвященных Троицкому собору, это конструктивное решение как фактор, обеспечивший его долговечность и сохранность, нигде не рассматривается.

Троице-Сергиева Лавра являлась культурным центром Руси. Здесь находились высокохудожественные произведения древних иконописцев, была сосредоточена переписка книг, иконописное дело и художественные ремесла, велось летописание.

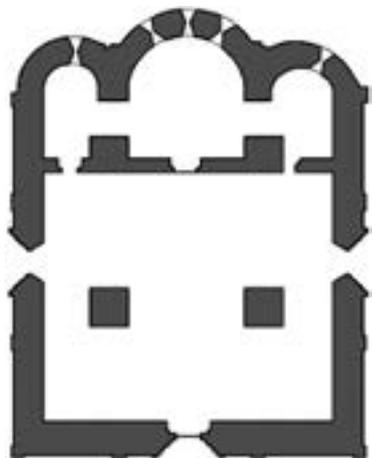


Рис. 2. План Троицкого собора в первоначальном виде



Рис. 3. План Успенского собора в Звенигороде

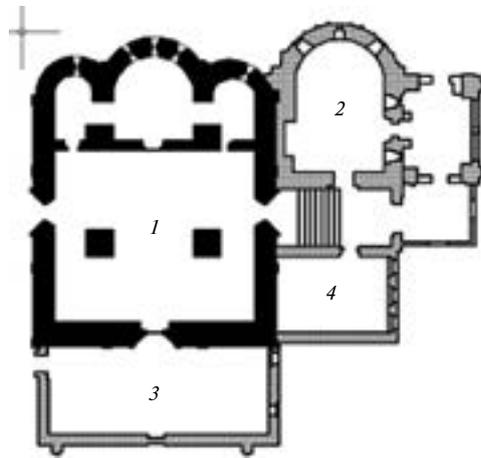


Рис. 4. План Троицкого собора Свято-Троицкой Сергиевой лавры с пристройками: 1 – Троицкий собор, XV в.; 2 – Никоновский придел, XVI–XVII в.; 3 – западная паперть, XVI в.; 4 – Серапионовы палаты, XVI–XIX вв.

Троице-Сергиев монастырь начиная со времен Сергия Радонежского в XIV в. являлся духовным центром Древней Руси и был защитником древних православных реликвий России, включая древние иконы иконостаса Троицкого собора. Поэтому в 1540 г. началось строительство оборонительных сооружений Троицкого монастыря, которое продолжалось около 10 лет. Специальной царской грамотой Иван Грозный дал троицким властям право «камень ломати, какой им надобнен», где бы они его ни нашли, «беспошлино» и «безденежно». В процессе строительства Иван Грозный несколько раз приезжал в лавру и лично контролировал возведение крепостных стен. В качестве личного вклада он дал монастырю три тысячи рублей. Крестьян, занятых строительством крепостных стен монастыря, он освободил от государственных податей и повинностей [1].

В начале XVII в. Троице-Сергиева лавра благодаря своему выстроенным оборонительным сооружениям выстояла шестнадцатимесячную оборону от польско-литовских интервентов и сохранила православные ценности монастыря.

В Отечественную войну 1812 г. благодаря русской армии французы не решились подойти к Троице-Сергиевому монастырю, несмотря на то что у Наполеона был план захватить близлежащие монастыри и сделать из них круговую оборону вокруг Москвы [4].

В годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг., как вспоминает Т.Н. Манушина – ученый секретарь Сергиево-Посадского государственного историко-художественного музея-заповедника, территория Троицкой Сергиевой лавры была так замаскирована, что немецкая авиация не разрушила ни одно из его древних зданий.

В наши дни в Троице-Сергиевой лавре ведутся работы, направленные на изучение и сохранение памятников исторического и культурного наследия Древней Руси, проводятся международные научно-исторические симпозиумы. Образованный в 1940 г. Сергиево-Посадский государственный историко-художественный музей-заповедник организует международные конференции, посвященные истории, культуре и духовной жизни.

Попытаемся проследить многовековую динамику сохранения православных икон в иконостасе Троицкого собора в течение шести веков в условиях различных температурно-влажностных режимов.

Иконостас Троицкого собора с образами святых на иконах является уникальным памятником подлинных шедевров древнерусского иконописного искусства (рис. 1).

После окончания строительства в 1425–1427 гг. под руководством Андрея Рублева и Даниила Черного для иконостаса были написаны иконы, которые известны в мире как шедевры уникальной русской живописи. Икона «Троица», написанная Андреем Рублевым и посвященная преподобному Сергию, хранится с 1929 г. в Государственной Третьяковской галерее, а в иконостасе находится копия.

На протяжении XV–XVII вв. происходило формирование иконостаса иконами выдающихся русских иконописцев. Так, местный ряд был дополнен иконой «Троица» и иконой «Преподобный Сергий с Житием». Иконы трех рядов иконостаса – деисусного, праздничного чина, выполнили Андрей Рублев «сотоварищи».

В 1600 г. по заказу царя Бориса Федоровича Годунова был выполнен верхний чин – двадцать одна икона «праотцев с херувимами, обложены серебром».

Эти древние творения иконописи сохранились и до наших дней. Однако в отличие от иконостаса первоначальная стенопись Троицкого собора в основном утрачена, исключением является небольшой фрагмент в алтаре храма. Как отмечает В.И. Балдин [1], «первоначальная роспись храма, выполненная Андреем Рублевым, не сохранилась: за двести лет она «обветшала», и ее сбили, заменив в 1635 г. на новую. В последующее время и эта стенопись неоднократно обновлялась и переписывалась, покрывалась многочисленными слоями масляных шпаклевок и записей». Однако иконы, находящиеся в иконостасе, сохранились, что можно объяснить его конструктивным решением и благоприятными температурно-влажностными условиями.

Обратим внимание, что между окончанием строительства Троицкого собора (1423 г.) и началом художественного оформления в помещениях собора (1425 г.) прошло два года. Древние зодчие понимали, что за этот период времени влага из известкового раствора ограждающих конструкций и конструкции иконостаса при естественной сушке должна удалиться, а оставшееся незначительное количество влаги в белом камне будет находиться в равновесном состоянии. Только после этого можно приступить к стенописи и оформлению иконостаса.

Проанализируем, какие на Руси в начале XV–XVI вв. возводились каменные храмы. Например, Смоленский собор Новодевичьего монастыря в Москве, построенный в 1524–1525 гг., не имел печного отопления, и церковные службы происходили в нем только в летний период года. Эти условия сохранились до настоящего времени.

Построенный в 1555–1561 гг. Покровский собор известен как Покров на Рву, или храм Василия Блаженного в Москве. В нем церковные службы проходили от Пасхи до Покрова. В настоящее время в нижнем ярусе используется электри-



Рис. 5. Здания Свято-Троицкой Сергиевой лавры с печными трубами на миниатюре «Жития Сергия». Троицкий собор

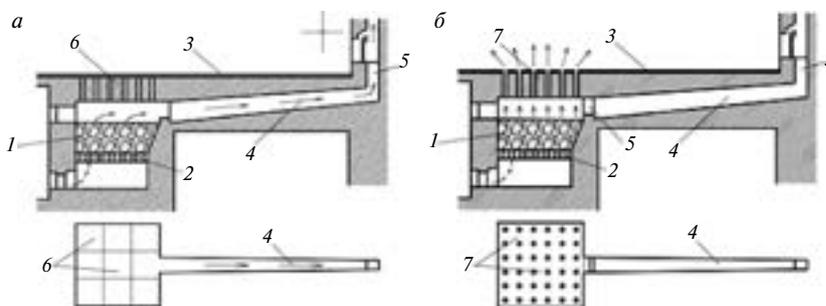


Рис. 6. Схема отопления центрального помещения Троицкого собора в начале XV до середины XVII в.: а – топка печи для разогрева бутового камня; б – поступление теплого воздуха от раскаленных бутовых камней в помещение; 1 – бутовый камень; 2 – кирпичные колосники; 3 – пол на перекрытии между центральным помещением и помещением подклета; 4 – подпольные дымоходы в перекрытии; 5 – задвижка для закрытия дымохода; 6 – плита для закрытия отверстий; 7 – отверстия в перекрытии над печью

ческий обогрев помещения, что позволяет проводить в нем церковные службы в течение всего года. Остальная часть собора используется только как музейное помещение. Помещения верхнего яруса как были неотапливаемыми в течение нескольких веков, так и в наше время не имеют систем отопления.

Успенский собор в Московском Кремле, построенный в 1475–1479 гг., также не имел системы отопления. Представляют большой интерес записи патриарха Антиохийского, сделанные им во время посещения Руси в середине XVII в. и впоследствии обработанные его сыном Павлом Алеппским, из которых можно заключить, что даже в Успенском соборе Московского Кремля не функционировала система отопления в зимний период. Остановимся на некоторых из них (Записи Патриарха Антиохийского. Глава IX. Москва. Описание Успенского Собора): «...нас утешило виденное нами в этот день, воскресясье Сыропуста, постоянноство этого (русского) народа в выстаивании на железном полу с утра до вечера. Более того: не успели мы сесть за стол, как ударили к вечерне и к молитвам на сон грядущим, по обычаю».

«Пол этой церкви, начиная от алтарей, состоит из четырехугольных плит чистого железа. Как мы раньше упомянули, царь заказал их на железном заводе в городе Туле. Пол блестит, как черный мрамор. Но в зимнее время ноги отнимаются от сильного холода. Мы терпели от него в продолжение служб великие мучения. Если бы мы не надевали на



Рис. 7. Решетки отопления в полу, нижней части стены и в солее в Троицком соборе Сергиевой лавры



Рис. 8. Вытяжные отверстия внутри Троицкого собора

ноги башмаков, какие носят греческие монахи, с деревянными подошвами и сукном, кои мы привезли из Константинополя с прочими вещами для защиты от холода по совету знающих людей, сообщивших нам об этом обстоятельстве, прежде нам неизвестном, то мы давно бы искалечили себе ноги. Вот что мы изложили, по мере возможности, для описания великой церкви» (Записки Патриарха Антиохийского. Глава XII. Москва. Служение в воскресенье Сорокоуста. Известия с театра войны. Назначение воевод).

Как видно из текста, все присутствующие на церковной службе находились в теплой зимней одежде.

Далее, анализируя фактические исторические материалы, авторы не обнаружили, что Троицкий собор должен был быть летним храмом, как Смоленский и Покровский соборы в Москве. Все это позволяет считать, что в нем после окончания строительства функционировала система печного отопления.

Наличие печного отопления также подтверждается дымовыми трубами, которые видны на зданиях Сергиевой лавры на миниатюре «Жития Сергия» [5] (рис. 5).

Однако непосредственно на Троицком соборе их нет, как на соседних зданиях. Можно предположить, что автор миниатюры верхнюю часть Троицкого собора закончил куполом с крестом и не показал дымовые трубы. По-видимому, понимал, что сочетание их с верхней частью купола, т. е. нагромождение многочисленных деталей, изменит художественный облик Троицкого собора, поскольку на соседних зданиях показаны три двускатные кровли с тремя дымовыми трубами. Купол с крестом выше их.

К сожалению, в исторических материалах, посвященных XV–XVI вв., авторам не удалось найти данных, как происходил обогрев в зимнее время центрального помещения Троицкого собора.

В этой связи, базируясь на косвенных исторических источниках, ими сформулированы соображения по рассматриваемому вопросу.

В русской архитектуре из-за климатических условий начиная с XIV в. в культовых постройках появилась такая

часть здания, как подклет, представляющий большой технический интерес. В нем имелись арочные своды, и в центре высота подклета составляла 2,4–2,7 м.

В первоначальном типе крестово-купольных храмов, заимствованных Русью из Византии, подклета не было.

Проведенный анализ позволяет со всей вероятностью предположить, что в подклете Троицкого собора функционировало печное отопление, прототипом которого была булыжная банная каменка. В этой печи надтопочное пространство заполнено по кирпичным колосникам бутовым камнем (рис. 6, а). Пол отапливаемого центрального помещения собора является перекрытием надтопочного пространства печи. Отверстия в перекрытии со стороны помещения во время топки печи закрывали плитками. Нагретый воздух, который образовался в результате сгорания дров, омывал булыжники, раскалял их и с сажей и смолистыми веществами удалялся через подпольный и вертикальный дымоходы. После сгорания дров дымоход перекрывался, половые плитки на поверхности пола снимались. Нагретый воздух от раскаленных булыжников через отверстия в перекрытии печи поступал в помещение собора (рис. 6, б). Так с самого окончания строительства происходило отопление Троицкого собора. Одна из печей в подклете находилась за стеной иконостаса. Об этом свидетельствуют кирпичные остатки печи. Другая, по-видимому, в западной части центрального помещения подклета.

Воспользуемся материалами, приведенными в монографии В.П. Зубова (Зубов В.П. Троицкий Собор. Из личного архива М.В. Зубовой – дочери В.П. Зубова), в отношении теплового режима в Троицком соборе [6]: «Вопреки заявлению Симона Азарьина, что «церковь святых Троицы, идеже мощи преподобного Сергия Богом хранимы в зимнее время от мраза не зело студению холодает, яко в прочих церквах каменных, но некако легкое прохладение в себе содержит, и людие от студени не зело истомление приемлют» [7], из других источников известно, что «зимою в Троицком соборе на чугунный пол стлали сено, чтобы не так холодно

было ногам» [8]. Для той же цели пользовались войлоком» (Голубинский (с. 197) указывает на опись 1641 г. См. также Дело 1779 г. № 65 «О выstelке в Троицком соборе чугунного пола войлоком», где приводится словесное приказание Платона «для удовольствия богомольцев в Троицком соборе чугунной пол весь выстлатъ войлоком (л. 1).

Можно согласиться с высказыванием Симона Азарына, но при этом надо учитывать технические возможности того времени. Так, теплый воздух от раскаленных булжников двух каменок поступал через отверстия в полу в центральное помещение собора. При продолжительных минусовых температурах наружного воздуха такая каменка, естественно, не могла обеспечить благоприятные тепловые условия.

В дальнейшем, как пишет В.П. Зубов, «наместник Лавры Антоний «сделал собор теплым». В 1841 г. он докладывал собору о распоряжениях Филарета «в Троицком соборе сделать под полом печи и топку испод пола или усыпальницы» (Дело 1841 г. № 99, л. 5 (О произведении построек и починок в строениях Лавры и ее принадлежности)).

Несколько раньше Филарет писал Антонию: «Если одну печь в Троицком соборе можно уничтожить, буду сим доволен, а если и обе, тем лучше. Но смотрите, будет ли удовлетворительно ваше подземное топление, при сем напоминаю вам, чтобы о делах, если и в письме пишете, писать на особом листке, чтобы на нем можно было дать решение для показания, если нужно, и Собору» (Письмо к Антонию. Т. 1. С. 366 (письмо от 21 июля 1840 г)).

Как видно из переписки наместника Троице-Сергиевой лавры Антония с митрополитом Филаретом, в подклете было две печи, которые функционировали после окончания строительства Троицкого собора в течение нескольких веков. Естественно, отопление помещений собора по этой системе было малоэффективным. Тем более, что появились новые конструктивные решения.

Так, в 1799 г. известный в нашей технической литературе Н.А. Львов издал двухтомный труд «Русская Пиростатика», в которой он описывает разные испытанные им усовершенствования в нагревательных приборах и между прочим изобретенную им духовую печь (пневматический калорифер). Из описания видно, что печи такого рода устраивались и до Львова и помещались в подвальных этажах, а тепло проводилось в верхние этажи особым каналом с душниками, которые закрывали во время топки и открывали по ее прекращении. Очевидно, что такие печи нагревали комнаты воздухом, нагретым внутренними плоскостями печи, и давали тепло вместе с угаром, чадом или запахом сажи, как и нынешние печи с жаровыми душниками. Для устранения этого важного неудобства Львов предложил свои духовые печи, нагревающие до высокой температуры только внешней своей поверхностью малый объем воздуха, постоянно протекающего около печи и разносимого в нагретом состоянии на все этажи посредством особых в стенах каналов (духовых).

Н.А. Львов считал, что эта отопительная система может быть особенно использована там, где находится много людей, например в церквях, больницах, богадельнях. Он спроектировал предложенную систему отопления в соборе Борисоглебского монастыря в г. Торжке и оборудовал Муринскую церковь.

Выполненная система калориферного печного отопления в Троицком соборе функционировала от середины XIX до начала XX в. В начале XX в. она была заменена цен-

тральным отоплением. При этом была проведена чистка воздушных каналов в перекрытии и вытяжных каналов в верхней части апсид. Схема поступления и удаления воздуха осталась прежней: теплый воздух из помещения подклета через чугунные решетки в полу и ступенях солие (рис. 7) поступает в центральное помещение собора и удаляется через вытяжные каналы (рис. 8) в верхней части апсид в атмосферу.

Продолжение статьи читайте в следующем номере.

Список литературы

1. Балдин В.И., Митюшина Т.Н. Троице-Сергиева лавра. М.: Наука, 1996. 243 с.
2. Сенатов В.И. Архив Сергиево-Посадского государственного историко-художественного музея-заповедника. Строительные характеристики и состояние зданий объекта наблюдения. Троицкий собор, 1946 г.
3. Кугушева И.В. Опыт применения инъектирования грунтов основания и фундаментов объектов культурного наследия Свято-Троицкой Сергиевой лавры: *Сб. трудов 6-го Международного научно-практического симпозиума. Московская патриархия Троице-Сергиевой лавры*, 2016. С. 287–294.
4. Попов А.Н. Французы в Москве в 1812 г. М.: 1876.
5. Трофимов И.В. Памятники архитектуры Троице-Сергиевой лавры. Исследования и реставрация. М.: Госстройиздат, 1961. С. 159–173.
6. Зубов В.П. Архитектура Троице-Сергиевой лавры. Исторический очерк. В кн.: Троицкий сборник. № 2. Сергиев Посад, 2002. С. 372–408.
7. Книга о чудесах преподобного Сергия. СПб., 1888. С. 11.
8. Архимандрит Антоний, наместник Свято-Троицкой лавры. Сергиев Посад, 1902. С. 21–42.

References

1. Baldin V.I., Mityushina T.N. Troitse-sergieva Lavra [Trinity-Sergius Lavra]. Moscow: Nauka. 1996. 243 p.
2. Senatov V.I. Archive of the Sergiev Posad State Historical and Art Museum-Reserve. Building characteristics and condition of the buildings of the object of observation. Troeckiy Cathedral, 1946.
3. Kugusheva I.V. Experience of application of injection of soil of the basis and bases of objects of cultural heritage of the Trinity Lavra of St. Sergius. *Collection of works of the 6-th International scientific and practical Symposium. Moscow Patriarchy of Trinity-Sergius Lavra*. 2016, pp. 287–294.
4. Popov A.N. Frantsuzy v Moskve v 1812 g. [French in Moscow in 1812]. Moscow: 1876.
5. Trofimov I.V. Pamyatniki arkhitektury Troitse-Sergievoi Lavry. Issledovaniya i restavratsiya [Monuments of architecture of Trinity-Sergius Lavra. Researches and restoration]. Moscow: Gosstroyizdat. 1961, pp. 159–173.
6. Zubov V.P. Arkhitektura Troitse-Sergievoi Lavry. Istoricheskii ocherk [Arkhitektur's teeth of Trinity-Sergius Lavra. Historical sketch]. 2002. No. 2, pp. 372–408.
7. Kniga o chudesakh prepodobnogo Sergiya [The book about miracles of the Reverend Sergiya]. Sankt-Peterburg. 1888, p. 11.
8. Arkhimandrit Antonii, namestnik Svyato-Troitskoi Lavry [Arhimandrite Anthony, deputy of Sacred and Troitsk Monastery]. Sergiev Posad. 1902, pp. 21–42.

УДК 72.011(574)

Г.С. АБДРАСИЛОВА, д-р архитектуры (g.abdrasilova@kazgasa.kz)

Казахская головная архитектурно-строительная академия (КазГАСА) (050043, Казахстан, г. Алматы, ул. Рыскулбекова, 28)

Высотные здания в архитектуре Астаны

Рассматривается опыт проектирования и строительства высотных зданий в природно-климатических условиях Казахстана. На примерах из практики анализируются градостроительные и объемно-планировочные особенности проектирования и возведения высотных зданий; выявляются приемы, обеспечивающие конструктивную устойчивость к ветровым и сейсмическим нагрузкам на основе инновационных технических и технологических решений. Подчеркивается особое значение высотных зданий для формирования международного имиджа новой столицы Казахстана – города Астаны. В процессе изучения архитектуры высотных зданий в Казахстане использовались литературные источники и проектные материалы.

Ключевые слова: архитектура, Казахстан, Астана, высотные здания, сейсмостойкое строительство, инновации, конструктивная устойчивость.

Для цитирования: Абдрасилова Г.С. Высотные здания в архитектуре Астаны // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 45–50.

G.S. ABDRASILOVA, Doctor of Architecture, (g.abdrasilova@kazgasa.kz)
Kazakh Leading Academy of Architecture and Civil Engineering (KAZGASA)
(28, Ryskulbekov Street, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050043)

High-Rise Buildings in Architecture of Astana

The experience in design and construction of high-rise buildings under climatic conditions of Kazakhstan is considered. On practical examples, town planning and space-planning features of design and construction of high-rise buildings are analyzed; methods providing the structural sustainability to wind and seismic loads are revealed on the basis of innovative technical and technological solutions. Particular importance of high-rise buildings for the formation of an international image of the new capital of Kazakhstan – the city of Astana is emphasized. In the course of study of the architecture of high-rise buildings in Kazakhstan, literature sources and design materials has being used.

Keywords: architecture, Kazakhstan, Astana, high-rise buildings, earthquake-resistant construction, innovations, structural stability.

For citation: Abdrasilova G.S. High-rise buildings in architecture of Astana. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 45–50. (In Russian).

Резко-континентальный климат на всей территории Казахстана и высокая сейсмическая активность юга и востока страны являются серьезными вызовами для высотного строительства. Однако вопросы престижа и задачи повышения финансово-экономического, инвестиционного и туристического потенциала молодого государства обуславливают прорывное развитие этого направления архитектуры.

Высотные здания в современных городах – активные элементы пространственной среды, способствующие формированию уникального силуэта города. Каждое высотное здание решает оригинальный комплекс задач исходя из градостроительных условий и индивидуальных особенностей места застройки [1, 2]. Градостроительные задачи связаны с формированием среды городов, функциональной организацией общественных пространств, задачами создания композиционных доминант и ориентиров, важными вопросами повышения привлекательности застройки и др. Особняком стоят инженерные задачи, связанные с составом грунтов, температурными колебаниями, силой ветра, сейсмическими условиями [3, 4]. Высотное здание требует также значительных ресурсов при эксплуатации, для содержания в исправном состоянии систем коммуникаций, противопожарной защиты, эвакуации людей в экстремальных случаях, оптимизации энергопотребления ресурсов и др.

В архитектурной теории Казахстана до настоящего времени высотная архитектура не изучалась комплексно. В основном материалы посвящены отдельным аспектам, описанию архитектурных характеристик некоторых высотных зданий [5–7]. Более тщательно проблема высотного строительства отражена в трудах инженеров, специализирующихся в вопросах сейсмостойкости сооружений [8–11].

Современный Казахстан стал площадкой для внедрения новых инженерных и архитектурных решений высотных зданий. В основном высотные здания сконцентрированы в Астане – новой столице страны, которая через использование мировых технологий в проектировании и строительстве позиционирует себя как современный, инновационный город [12,13].

Однако анализ высотного строительства в Казахстане невозможен без экскурса в прошлое, когда в 1977 г. было построено первое в республике высотное здание – гостиница «Казахстан» в г. Алма-Ате (ныне – Алматы). Высокая сейсмическая активность долгое время обуславливала этажность городской застройки – не выше 12 этажей. Эллипсоидное в плане здание гостиницы стало выразительной доминантой на фоне окружающей застройки, удачно дополнив силуэт центра города (рис. 1). Вертикальный ряд эркеров, придающих зданию легкость и ажурность, завершается высоким аттиком в форме золотистой короны из анодированного алюминия [14]. При проектирова-



Рис. 1. Гостиница «Казахстан»

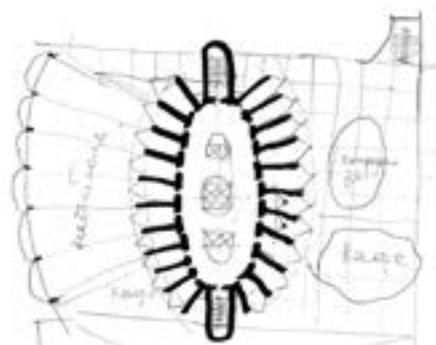


Рис. 2. Схема гостиницы «Казахстан». Рисунок архитектора А. Анчугова



Рис. 3. Гостиница «Казахстан». Справа — фрагмент фасада Дворца им. Ленина



Рис. 4. «Корона» гостиницы «Казахстан»



Рис. 5. Жилой комплекс «Изумрудный квартал», Астана, 2013 г. Арх. R. Vaccalli / Zeidler Partnership Architects



Рис. 6. Жилой комплекс «Северное сияние», Астана, 2009 г. Арх. А. Сауменов, Я. Эзду, Т. Абильда

нии гостиницы учитывались факторы, обуславливающие ее форму (<http://kazakhstanhotel.kz/ru/551-istorija.html><http://www.voxropuli.kz/history/2249-pervyy-nehoskreb-agma-ty.html>) и комфорт проживания (направление ветров, угол падения солнечных лучей и др.).

Высотная часть гостиницы покоится на двухэтажном цокольном здании, в котором разместились вестибюль, сберкасса, почтамт, кафе, ресторан и конференц-зал. Гостиница была оснащена современным инженерным оборудованием и скоростными пассажирскими лифтами.

Вестибюль представлял собой открытое пространство. На потолке были установлены алюминиевые конструкции, напоминавшие корону на крыше. У стойки регистрации в холле висело панно, посвященное космической тематике. Пол выложен черным габбро, лабрадоритом.

В интерьере использовались дорогостоящие строительные материалы: мрамор, алюминий, синтетические материалы. Отделка стен коридоров сочинской штукатуркой — двумя слоями мраморной крошки одного цвета, но разных оттенков создавала изящный рисунок. Каждый этаж имел свою расцветку стен. Космическая тема стала основной в оформлении интерьеров гостиницы высотного сооружения, начиная с входного вестибюля на первом этаже и заканчивая рестораном «Космос» на верхнем этаже гостиницы, на отметке 86,1 м, откуда открывалась великолепная панорама горных хребтов Заилийского Алатау.

Во внешней отделке использовались современные на тот период строительные материалы: алюминиевые панели, ракушечник. На главном и тыльном фасадах были установлены легкие панели, на которые навешивались листы алюминия. Между панелями проложен слой утеплителя. Зигзагообразная в плане пластика панелей придавала зданию стройность и легкость. Боковые фасады облицованы светло-розовым мангышлакским ракушечником.

Строительство гостиницы в зоне 9-балльной сейсмичности потребовало использования современных (на тот период) достижений строительной науки и техники. Для достижения сейсмоустойчивости гостиницы был применен инновационный для того времени метод строительства — железобетонный монолит, выполненный по технологии скользящей опалубки, активно применяемой в тот период в Японии. Основной конструктивный элемент — ядро жесткости овальной формы. В ядре размещены лифтовые шахты и инженерные коммуникации. От овальной конструкции отходят диафрагмы (рис. 2), являющиеся стенами номеров (<http://www.almatymadeniet.kz/ru/home/pamyatniki/mestnogo-znacheniya/arkhitekturnye/zdanie-vysotnoj-gostinitsy-kazakhstan>).

Незадолго до завершения строительства гостиницы в 1977 г. были проведены испытания на антисейсмическую устойчивость: наверху здания были установлены машины, имитирующие колебания, а специальные датчики на этажах фиксировали толчки. В результате испытания здание не получило повреждений.

Гостиница находится в одном из важных градостроительных узлов Алматы на пересечении проспектов Достык и Абая. Архитекторы считают комплекс зданий, формирующий этот градостроительный узел, образцом удачного решения градостроительных, композиционных задач. Ориентация здания в меридиональном направлении обеспечила благоприятные аэродинамические условия данной территории. В процессе поиска идеи архитекторы добивались визуальной связи вертикали гостиницы «Казахстан» с распластанным объемом расположенного рядом Дворца им. В.И. Ленина (ныне Дворец Республики), выявив единство ансамбля площади им. Абая на основе контраста форм. С целью усиления приема визуальной взаимосвязи в облицовке фасадов объектов использовались схожие

строительные материалы – светлый ракушечник в сочетании с отделкой из анодированного алюминия, которые придавали единство и легкость массивным сооружениям.

Благодаря характерному облику, оригинальному решению фасадов 102-метровое здание до сих пор является одним из самых известных объектов Алматы и Казахстана. Авторский коллектив (архитекторы Ю. Ратушный, Л. Ухоботов, А. Анчугов, В. Каштанов, инженеры А. Деев, Н. Матвиец, Т. Жунусов, А. Татыгулов) создали объект, который стал не только достопримечательностью и символом города, но и примером уникального инженерного решения. В 1980 г. авторский коллектив был удостоен Государственной премии Казахской ССР им. Ч. Валиханова [15].

Гостиница «Казахстан» является образцом инженерного искусства и оставалась единственным высотным зданием в Казахстане до 2000-х гг.

В настоящее время самые высокие здания Казахстана высотой 100 м и более в основном сконцентрированы в новой столице – Астане (рис. 5–10). В непростых экономических условиях в декабре 1997 г. перенос столицы из Алматы в Астану ставил перед архитекторами и строителями сложнейшую задачу – создать новый город, отвечающий мировым стандартам, призванный стать узнаваемым брендом на международной арене. Это был способ прорваться в мировой топ быстро развивающихся городов, получить политические и экономические дивиденды для республики.

Климат Астаны резко-континентальный, с холодной зимой (свыше -40°C) и жарким летом (до $+40^{\circ}\text{C}$). Кроме сильного порывистого ветра, резких годовых колебаний температуры для строительства высотных зданий в Астане большой проблемой является высокое стояние грунтовых вод и агрессивные грунты. Теоретически суровые природно-климатические условия Астаны не способствовали рождению нового города. Однако прошедшие 20 лет подтвердили правоту Президента Казахстана Н.А. Назарбаева, инициировавшего перенос столицы.

В 1998 г., после проведения международного конкурса на мастер-план Астаны, в котором одержал победу японский архитектор Кисе Курокава, молодая столица начала развиваться на основе метаболической модели, направленной на формирование симбиоза природной и искусственной среды, уважение к истории места, создание зеленых зон в городе и лесопосадок вокруг города [12, 15].

В январе 2002 г. для создания благоприятного инвестиционного климата и привлечения средств создана свободная экономическая зона «Астана – новый город»,



Рис. 7. Башня «Темір Жолы», Астана, 2009 г. Арх. Т. Абильда



Рис. 8. «Transport Tower» – Министерство транспорта и коммуникаций Республики Казахстан, Астана, 2003 г. Архитектура – компания «Базис»



Рис. 9. Торгово-развлекательный центр «Хан-Шатыр», Астана, 2010 г. Арх. Норман Фостер



Рис. 10. Жилой комплекс «Гранд Алатау», Астана, 2008 г. Арх. Ш. Матайбеков

что привело к росту числа отечественных и зарубежных компаний, вложивших средства в застройку новой столицы Казахстана – современных жилых комплексов, объектов обслуживания, торговли и развлечений. Частные инвесторы внесли большой вклад в формирование выразительного архитектурного облика новой столицы Казахстана.

Проектировщики и строители Астаны решали сверхзадачу – построить город XXI века, основанный на достижениях современной архитектурно-градостроительной мысли. Чтобы архитектурный облик столицы соответствовал образцовому городу третьего тысячелетия, принимаемые архитектурно-градостроительные решения должны были соответствовать мировым инновационным трендам. С этой целью к проектированию наиболее значимых объектов, возводимых в Астане, стали привлекаться выдающиеся архитекторы современности. Строительство значимых объектов, формирующих облик магистральных улиц и площадей, осуществлялось только по проектам, прошедшим конкурсный отбор.

После официального утверждения нового генплана столицы в 2001 г. «как проекта, воплощающего в себе фило-

софию и теоретические постулаты градостроительства XXI века, развернулись масштабные работы по их активной реализации, формированию новой планировочной структуры города и его архитектурного облика» [16]. Основным фронт строительных работ был перенесен на левый берег реки Есиль, на формирование Нового центра, возведение комплекса сооружений Водно-Зеленого бульвара, Круглой площади, правительственных зданий Главной площади. В 2003 г. был возведен первый казахстанский 36-этажный небоскреб высотой 155 м – здание Министерства транспорта и коммуникаций.

В 2006 г. завершено формирование основных архитектурных ансамблей Астаны (Водно-Зеленый бульвар, Главная площадь и др.), начато строительство многофункциональных высотных жилых комплексов «Изумрудный квартал», «Северное сияние», «Триумф Астаны» [16].

Более 200 м достигает высота зданий комплекса «Изумрудный квартал», концепция которого разработана архитектором Роем Варакалли и компанией ZeidlerPartnershipArchitects (Канада) совместно с проектной компанией «Базис» (Казахстан). Комплекс состоит из трех зданий – высотой 37, 43 и 54 этажа. Начиная с 32-го этажа площадь каждого последующего этажа увеличивается, здание становится асимметричным с отклоняющейся на 15 м верхушкой. Учитывая сильные ветровые нагрузки Астаны, канадские инженеры провели значительное количество испытаний проекта в аэродинамической трубе. Самое высокое здание комплекса массой 186 тыс. т установлено на буронабивные сваи глубиной до 20 м и фундаментную плиту толщиной около 3 м.

Жилой комплекс «Северное сияние», расположенный на Водно-Зеленом бульваре Астаны, включает три блока (34, 39 и 44 этажа) и достигает высоты 180 м.

Кроме жилых комплексов в список высотных зданий Астаны входят офисные, торгово-развлекательные центры. Офис Национальной компании «Казахстанские железные дороги» – башня «Темир Жолы» – 44-этажный небоскреб высотой 175 м.

Одним из знаковых объектов Астаны является торгово-развлекательный комплекс «Хан-Шатыр» (архитектор Норман Фостер) высотой 150 м, который был открыт 6 июля 2010 г. Основой конструктивной схемы здания является уникальная система, состоящая из трипода – опоры верхнего кольца системы стальных вант с закрепленным прозрачным покрытием ETFE и нижнего кольца, фиксирующего ванты у основания здания. Благодаря особому химическому составу покрытие защищает внутреннее пространство комплекса от резких температурных перепадов и создает комфортный микроклимат внутри комплекса.

Общая площадь комплекса – 127 тыс. м². Здесь размещены торговые и развлекательные площади: супермаркет, семейный парк, кафе и рестораны, кинотеатры, спортивные залы, аквапарк с искусственным пляжем и бассейны с эффектом волн, служебные и офисные помещения, паркинг на 700 мест и многое другое. Главная достопримечательность «Хан-Шатыра» – пляж с морским песком, тропическими растениями и температурой +35°C круглый год.

Комплекс «Гранд Алатау», построенный в 2009 г. в историческом центре Астаны, состоит из четырех высотных жилых зданий (20, 28, 38 и 43 этажа), объединенных общим стилобатом. 43-этажная башня имеет высоту 144 м.

Первое десятилетие новой столицы было отмечено небывалым размахом и темпами строительных работ. Для формирования целостной пространственной среды, взаимосвязи благоустройства и застройки архитекторы перешли от метода «точечной» застройки локальных участков к методу комплексной застройки квартала одним инвестором. Примерами такого комплексного подхода являются жилые комплексы «Хайвил» и «Гранд Астана», возведенные с объектами социального и культурно-досугового назначения, необходимыми для обслуживания жителей микрорайона.

За годы строительства Астаны немало зарубежных архитекторов участвовало в проектировании уникальных объектов столицы Казахстана: Дворец Мира и Согласия (арх. Н. Фостер), киноконцертный зал «Казахстан» (арх. М. Николетти), торгово-развлекательный комплекс «Хан-Шатыр» (арх. Н. Фостер), многофункциональный гостинично-жилой комплекс-небоскреб высотой 382 м «Абу Даби Плаза Астана» (арх. Н. Фостер), гостинично-офисное здание высотой 216 м (арх. К. Кикутаке); гостинично-офисный комплекс высотой 280 м (арх. Р. Стерн) и др. Эти суперсовременные здания и сооружения уникальной архитектуры, выполненные на мировом уровне, придают неповторимый облик новой столице Казахстана [16].

Большое число оригинальных проектов было осуществлено в Астане по проектам казахстанских архитекторов: Дом министерств, застройка Главной и Круглой площадей, Водно-Зеленого бульвара, многоэтажные жилые комплексы, музеи, офисные здания, гостиницы и торгово-развлекательные центры, университеты, медицинские центры и многое другое. Среди них: 142-метровый жилой комплекс «Триумф Астаны» (арх. А. Зуев, Н. Борискин); 180-метровый комплекс «Северное сияние» (арх. А. Сауменов, Я. Эзау, Ш. Матайбеков); 175-метровая башня «Темир жолы» (арх. Т. Абильда); жилой комплекс «Гранд Алатау» высотой 144 м (арх. Ш. Матайбеков) и др. [12].

Анализ современной высотной архитектуры в Казахстане показал концентрированную дислокацию в столице – городе Астане. Несмотря на то что самым крупным городом республики остается Алматы, обладающий как инженерно-техническим, так и финансовым потенциалом, высотное строительство здесь затруднено в связи с 9-балльной сейсмической активностью предгорной зоны. Хотя опыт строительства и эксплуатации гостиницы «Казахстан» в течение 40 лет показывает: специальные инженерные решения допускают возведение небоскребов в этом городе, но требуются большие экономические затраты на обеспечение устойчивого функционирования.

Инвестиции и государственные программы способствовали более интенсивному развитию высотного строительства в новой столице – Астане, где с 2003 г. построено свыше 20 зданий высотой более 100 м.

Небоскребы Астаны выполняют не только свои прямые функции (жилье, офисы, торговые центры), но и демонстрируют достижения страны: за 20 лет строительства новой столицы Казахстан получил значительные политические, экономические и технологические дивиденды. За этот период Астана стала узнаваемым в мире брендом, символизирующим динамичное развитие Казахстана. В экономику страны привлечены колоссальные зарубежные инвестиции, получила развитие инфраструктура всей страны, созданы новые рабочие места, производственные предприятия. Вы-

сокий уровень технологий, внедренных зарубежными компаниями в Астане, способствует повышению качества архитектурных и инженерных решений.

В настоящее время в научной литературе проблемы высотных зданий рассматриваются в основном с точки зрения их инженерной устойчивости. Однако небоскребы представляют интерес не только в аспекте инновационных конструктивных решений, но и в качестве уникальных архитектурных объектов, которые выступают выразительными доминантами в пространственной среде городов, оптимизируют функциональную организацию ценных городских территорий.

Есть немало противников строительства небоскребов в Казахстане, аргументирующих свое мнение сложными сейсмическими, гидрогеологическими и другими условиями. Современные инженерные технологии позволяют реализовать самые смелые архитектурные идеи даже в сложных сейсмических условиях. В процессе строительства высотных зданий, в частности, внедрены прогрессивные геотехнологии устройства забивных и буронабивных свай в особых грунтовых условиях Астаны (Дворец Мира и Согласия, «Хан-Шатыр», Министерство транспорта и коммуникаций и др.) [12]. Все это позволяет прогнозировать расширение «парка» небоскребов в крупных городах Казахстана.

Из недостатков проектирования и строительства высоток в Казахстане можно назвать: отсутствие комплексности использования энергосберегающих архитектурно-строительных и энергоэффективных инженерно-технических решений, дающих значительное сокращение расходов на их эксплуатацию; недостаточно активное использование региональных образцов в архитектуре высотных зданий.

Проведенный анализ опыта проектирования и строительства высотных зданий в Казахстане выявил основные тенденции в формировании высотных зданий:

- комплексное влияние на архитектуру высотных зданий оказывают приемы, обеспечивающие конструктивную устойчивость к ветровым и сейсмическим нагрузкам;
- формирование архитектуры высотных зданий основано на создании объемно-пространственных решений и использовании экологических приемов застройки для организации комфортного микроклимата как в ближайшем их окружении, так и в масштабе города: учет природно-климатических условий местности путем ориентации в структуре застройки, подбора форм и других пластических средств;
- в целом наблюдается усложнение спектра услуг от монофункционального здания к многофункциональному объекту, что позволяет рассматривать высотки как перспективный тип зданий, позволяющих решать многие градостроительные, архитектурно-строительные и социально-экономические задачи в сложившейся застройке, в районах реконструкции в условиях дефицита свободных городских территорий и на территориях нового строительства;
- в условиях глобальной конкуренции строительство высотных зданий является способом продвижения бренда компаний-застройщиков, инвесторов, внедрения инновационных технологий. Пример Астаны еще раз доказывает известную истину – строительство небоскребов – это прежде всего имиджевый проект, который дает мультипликативный эффект в масштабе города и даже страны.

Список литературы

1. Харитонов В.А. Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий. М.: АСВ, 2014. 352 с.
2. Особенности проектирования и возведения. Высотные здания и другие уникальные сооружения Китая. М.: АСВ, 2013. 808 с.
3. Дукарт А.В., Олейник А.И. Динамические гасители колебаний конструкций. М.: АСВ, 2015. 248 с.
4. Шаблинский Г.Э. Мониторинг уникальных высотных зданий и сооружений на динамические и сейсмические воздействия. М.: АСВ, 2013. 328 с.
5. Глаудинов Б.А., Сейдалин М.Г., Карпыков А.С. Архитектура Советского Казахстана. М.: Стройиздат, 1987. 319 с.
6. Кисамедин Г.М. Архитектура уникальных зданий. Алматы: Строительство и архитектура, 2012. 212 с.
7. Meuser Ph. Kasachstan. Berlin: DOM publishers, 2015. 539 p.
8. Khomyakov, V.A. Researches of Properties of Soil at Underground Construction in the City of Almaty. *Korea-Kazakhstan Joint Geotechnical Seminar 2012 Aug 21–22, Incheon, Republic of Korea*, pp. 52–57.
9. Хомяков В.А. Исследование деформационных характеристик лессового грунта на трехосное сжатие для использования при расчете зданий и сооружений на сейсмические нагрузки. *Тезисы 7-го казахстанско-китайского международного симпозиума «Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии»*. Алматы, 2–4 июня 2010. С. 237–239.
10. Жусупбеков А.Ж. Исследование несущей способности забивных свай методом динамического зондирования // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2014. № 2. С. 29–32.
11. Абаканов М.С. Малоцикловая прочность железобетонных конструкций каркасных зданий при действии нагрузок типа сейсмических. Алматы: КазНИИССА, 2016. 132 с.
12. Meuser Ph., Dalbai A., Herz G. Astana. Berlin: DOM publishers, 2015. 223 p.
13. Kuc S. (CUT, Krakow, Poland), Sadykova, S.S. (ENU Astana, Kazakhstan), Kuc, W. (AFM Krakow, Poland). The Architecture of Astana as the Example of Contemporary City Creation. *Proceedings of 3rd Annual International Conference of Architecture and Civil Engineering (ACE – 2015)*, ISSN: 2301-394X, doi: 10.5176/2301-394X_ACE15.154, published and organized by Global Science and Technology Forum (GSTF), 2015, Singapore. Vol. 2, pp. 683–690.
14. Галимжанова А., Глаудинова М. История искусств Казахстана. Алматы: Онер, 2011. Т. 2: Архитектура. 192 с.
15. Свод памятников истории и культуры г. Алматы. Алматы: ТОО «Казак энциклопедиясы», 2006. 360 с.
16. Чиканаев А.Ш. Астана: архитектурная симфония Великой Степи. Астана: Деловой мир, 2008. 270 с.

References

1. Kharitonov V.A. Proektirovanie, stroitel'stvo i ekspluatatsiya vysotnykh zdaniy [Design, construction and operation of high-rise buildings]. Moscow: ASV, 2014. 352 p.
2. Osobennosti proektirovaniya i vozvedeniya. Vysotnye zdaniya i drugie unikal'nye sooruzheniya Kitaya [Features

- of design and construction. High-rise buildings and other unique constructions of China]. Moscow: ASV, 2013. 808 p.
3. Dukart A.V., Oleinik A.I. Dinamicheskie gasiteli kolebanii konstruktssii [Dynamic quenchers of fluctuations of designs]. Moscow: ASV, 2015. 248 p.
 4. Shablinskii, G.E. Monitoring unikal'nykh vysotnykh zdanii i sooruzhenii na dinamicheskie i seismicheskie vozdeistviya [Monitoring of unique high-rise buildings and constructions on dynamic and seismic influences]. Moscow: ASV, 2013. 328 p.
 5. Glaudinov B.A., Seidalin M.G., Karpykov A.S. Arkhitektura Sovetskogo Kazakhstana [Arkhitektura of the Soviet Kazakhstan]. Moscow: Stroizdat, 1987. 319 p.
 6. Kisamedin, G.M. Arkhitektura unikal'nykh zdanii [Arkhitektura of unique buildings]. Almaty: Stroitel'stvo i arkhitektura, 2012. 212 p.
 7. Meuser Ph. Kasachstan [Kasachstan]. Berlin: DOM publishers, 2015. 539 p.
 8. Khomyakov, V.A. Researches of Properties of Soil at Underground Construction in the City of Almaty. *Korea-Kazakhstan Joint Geotechnical Seminar 2012 Aug 21–22, Incheon, Republic of Korea*, pp. 52–57.
 9. Khomyakov V.A. Research of deformation characteristics of loessial soil on three-axis compression for use when calculating buildings and constructions on seismic loadings. *Theses of the 7th Kazakhstan-Chinese international symposium «Forecast of earthquakes, assessment of seismic danger and seismic risk of Central Asia»*, Almaty, on June 2–4, 2010, pp. 237–239.
 10. Zhusupbekov A.Zh. Research of the bearing ability the zabivnykh of piles by method of dynamic sounding. *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov*. 2014. No. 2, pp. 29–32. (In Russian).
 11. Abakanov M.S. Malotsiklovaya prochnost' zhelezobetonnykh konstruktssii karkasnykh zdanii pri deistvii nagruzok tipa seismicheskikh [Low-cyclic durability of reinforced concrete structures of frame buildings at action of loadings of type of seismic]. Almaty: KazNISSA, 2016. 132 p.
 12. Meuser Ph., Dalbai A., Herz G. Astana. Berlin: DOM publishers, 2015. 223 p.
 13. Kuc S. (CUT, Krakow, Poland), Sadykova, S.S. (ENU Astana, Kazakhstan), Kuc, W. (AFM Krakow, Poland). The Architecture of Astana as the Example of Contemporary City Creation. *Proceedings of 3rd Annual International Conference of Architecture and Civil Engineering (ACE – 2015)*, ISSN: 2301-394X, doi: 10.5176/2301-394X_ACE15.154, published and organized by *Global Science and Technology Forum (GSTF)*, 2015, Singapore. Vol. 2, pp. 683–690.
 14. Galimzhanova A., Glaudinova M. Istoriya iskusstv Kazakhstana [History of arts of Kazakhstan]. Almaty: Oner, 2011. Tom 2: Arkhitektura. 192 p.
 15. Svod pamyatnikov istorii i kul'tury g. Almaty [Arch of historical and cultural monuments of Almaty]. Almaty: TOO «Kazak entsiklopediyasy», 2006. 360 p.
 16. Chikanaev, A.Sh. Astana: arkhitekturnaya simfoniya Velikoi Stepi [Astana: architectural symphony of the Great Steppe]. Astana: Delovoi mir, 2008. 270 p.

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

8 июня 2017 г. в Москве состоялась конференция «Эффективные технологии в строительстве», организованная ведущим деловым изданием России – газетой «Ведомости». В условиях стагнации в экономике и падения платежеспособного спроса произошло видимое обострение конкуренции на рынке недвижимости. Покупатели становятся более внимательными к качеству предлагаемого жилья и условиям его эксплуатации. В настоящее время девелоперам необходимо задуматься о повышении своей конкурентоспособности на рынке и об обеспечении постоянного притока клиентов. Обсуждению инновационных решений для создания комфортной среды, оптимизации затрат на строительство, а также использованию эффективных технологий было посвящено мероприятие.

Известны различные тренды в жилищном строительстве: в Европе возводятся экологичные здания, в США тренд на инновации, в Азии стараются строить много и быстро. В России выраженного озвученного тренда пока нет. Скорее дешево и быстро. Эксперты отрасли обсудили актуальную тему: как обеспечить оптимальное качество построенного объекта; чем не должен жертвовать девелопер; какие рычаги воздействия может использовать девелопер для увеличения потока клиентов в условиях высококонкурентного рынка.

В дискуссии принял участие председатель технического комитета Росстандарта – ТК 144 «Строительные материалы (изделия) и конструкции» А. Ручьев. Он отметил, что обсуждение вопросов энергоэффективности не может вестись бесконечно. Необходимо качественно строить по тем нормативным документам, которые имеются. Также он сказал, что вне зависимости от сегмента возводимого жилья застройщики используют практически одни и те же строительные материалы. Максимальное отличие наблюдается в отделочных материалах, в архитектуре, концепциях благоустройства и фасадных решениях. В условиях ужесточившейся конкуренции девелоперы стремятся пред-

ложить покупателю наиболее привлекательный продукт с оптимальным соотношением цены и качества. При этом даже в эконом-классе застройщики стараются создать развитую инфраструктуру и внедряют интересные и современные архитектурные решения. Однако, несмотря на разнообразие предложений, все девелоперы идут по одному пути и используют равнозначные инструменты. В настоящее время новых зарубежных материалов на российском рынке практически не появляется. Дома комфорт-класса отличаются, как правило, только фасадными решениями. А. Ручьев обратил внимание, что для девелоперов точка прорыва на рынке в новых технологиях управления домами. Многие страны мира уже перешли на платформенные решения, которые служат базисом для интернет-технологий и других дополнительных опций. Покупатели приобретают не просто квартиру, а продукт в определенной среде проживания. Системы управления лифтами, кондиционерами, безопасностью, освещением, видеонаблюдением – вот где скрыт колоссальный ресурс для девелоперов. Внедрение автоматической системы регулирования подачи тепла в жилые дома позволяет получить экономиию до 35%. А внедрение систем автоматической подачи воды снижает ее расход до 15%. В итоге несмотря на то что жителей в Москве становится больше, потребление воды за последние 5–7 лет неуклонно падает. Предложение более комфортной среды проживания позволит получить конкурентное преимущество. А. Ручьев входит в десятку наиболее профессиональных и влиятельных руководителей российского строительного сектора, по данным рейтинга «Топ-1000 российских менеджеров», поэтому его мнение пользуется большим авторитетом. Он председатель совета директоров ГК «Основа» – финансово-производственного холдинга, образованного в 2016 г. Стратегия развития ГК «Основа» подразумевает инвестиции в высокотехнологичные отрасли российской экономики с высоким экспортным потенциалом, в объекты коммерческой недвижимости, а также в девелопмент.

УДК 699.8.53.06

Е.В. ЛЕВИН, канд. физ.-мат. наук, А.Ю. ОКУНЕВ, канд. физ.-мат. наук (OkunevAY@gmail.com)

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

Газоразделительные технологии как средство повышения эксплуатационной безопасности зданий и сооружений

Объектом исследования является проблема повышения безопасности зданий и сооружений в процессе их эксплуатации. Цель работы – показать принципиально новые методы повышения эксплуатационной безопасности, основанные на использовании современных газоразделительных технологий при подготовке специальных защитных газовых сред на основе атмосферного воздуха. Рассмотрены два типа безопасности – пожарная безопасность и безопасность пользования зданиями и сооружениями. В качестве безопасности пользования рассмотрены два типа объектов: электрические сети внутри здания и приточно-вытяжные вентиляционные системы, которые могут подвергаться коррозионному и биологическому воздействию. В качестве способа защиты объектов предложено использовать модифицированные воздушные атмосферы с пониженным влагосодержанием и/или с пониженным содержанием кислорода. В качестве способа производства указанных атмосфер предложено использование адсорбционных и мембранных газоразделительных методов. На примере более универсального мембранного метода приведены данные, характеризующие энергозатраты на производство модифицированных воздушных атмосфер.

Ключевые слова: эксплуатационная безопасность зданий, пожарная безопасность зданий, газоразделительные методы, мембранное газоразделение.

Для цитирования: Левин Е.В., Окунев А.Ю. Газоразделительные технологии как средство повышения эксплуатационной безопасности зданий и сооружений // *Жилищное строительство*. 2017. № 6. С. 51–56.

E.V. LEVIN, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), A.Yu. OKUNEV, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics) (OkunevAY@gmail.com), Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences (21, Lokomotivniy Driveway, Moscow, 127238, Russian)

Gas-Separation Technologies as a Way to Increase Operational Safety of Buildings and Structures

The problem of improving the safety of buildings and structures during their operation is an object of the study. The aim of this work is to show principally new methods for improving the operational safety based on the use of contemporary gas-separation technologies when preparing special protective gas media on the basis of atmospheric air. Two types of the safety, fire safety and safety to use buildings and structures, are considered. As the safety to use, two types of objects are considered: electric grids inside the building and supply and exhaust ventilation systems which can be subjected to the corrosion and biological impact. As a way to protect objects, it is proposed to use modified air atmospheres with reduced moisture content and/or reduced oxygen content. As a method for production of these atmospheres, it is proposed to use the adsorption and membrane gas-separation methods. On the example of the more universal membrane method, data characterizing energy expenditures for production of modified air atmospheres are presented.

Keywords: operational safety of buildings, fire safety of buildings, gas separation methods, membrane gas separation.

For citation: Levin E.V., Okunev A.Yu. Gas-separation technologies as a way to increase operational safety of buildings and structures. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 6, pp. 51–56. (In Russian).

В настоящее время, как во всем мире, так и на территории РФ все большее внимание уделяется вопросам обеспечения безопасности зданий и сооружений [1]. В Российской Федерации эти вопросы регулируются специальным Федеральным законом № 384-ФЗ от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», среди главных требований которого выделяются требования механической безопасности, пожарной безопасности, безопасности для пользования зданиями и сооружениями, безопасности при техногенных воздействиях и др.

Современные здания и сооружения, несмотря на тщательную конструктивную проработку на этапах проектирования и строительства, при эксплуатации представляют

собой источник повышенной опасности в силу использования широкого спектра новых строительных материалов, совершенно новых конструктивных решений, особенно в высотном строительстве, в способах тепловой изоляции оболочек, а также использования разветвленных и сложных систем и сетей инженерно-технического обеспечения.

Потенциальная повышенная опасность существует не только по отношению к самому зданию (сохранность и возможность использования конструкции, инженерно-технических коммуникаций), но и по отношению к таким факторам, как безопасность нахождения в нем людей и их защита от вредных воздействий, безопасность эксплуатации и сохранность оборудования и других материальных ценностей и пр.

Особые требования по безопасности относятся к современным высотным объектам, особенно к жилым зданиям и офисам. Возникновение практически любой серьезной аварии в высотных зданиях, особенно пожара, очень опасно, поскольку эвакуация людей либо затруднена, либо невозможна за короткое время.

В последнее время на разных уровнях обсуждаются вопросы применения современных научно-технических достижений и технологий для решения широкого спектра практических задач, в том числе и в строительной отрасли. Одной из таких технологий является технология разделения газовых смесей для получения газовых продуктов заданного состава, в том числе модифицированных газовых атмосфер на основе воздуха. Что касается строительной отрасли, то применение в ней методов газоразделения может оказаться эффективным для создания комфортных дыхательных атмосфер в помещениях зданий и его применение может быть положено в основу новых методов повышения энергетической эффективности при эксплуатации [2–4]. Рассмотрим теперь, как газоразделительные методы могут быть использованы для решения проблем безопасности. Подобный подход является сравнительно новым и, как может показаться, несколько неожиданным.

Прежде чем рассмотреть возможности газоразделительных методов, определим их возможную область применения. В настоящей статье мы ограничимся вопросами, касающимися обеспечения эксплуатационной безопасности, а именно мероприятий, которые помогут предотвратить или снизить вероятность возникновения и полностью или частично ликвидировать некоторые аварийные ситуации, возникающие в процессе эксплуатации. Будут рассмотрены два типа безопасности – безопасность пользования зданиями и сооружениями и пожарная безопасность.

Обеспечение безопасности пользования зданиями и сооружениями

Рассмотрим несколько проблем безопасности пользования, для устранения которых могут быть использованы газоразделительные методы.

Проблемы электрических сетей внутри здания. Под электрическими сетями будем подразумевать всю их совокупность, начиная от проводки электропитания и до слаботочных сетей. Нарушение силовых сетей может привести непосредственно к пожару или к остановке технологического оборудования, включая такие элементы, как лифты, принудительную вентиляцию, нарушение сигнализации и т. д. Нарушение слаботочных сетей чревато отключением систем связи, оповещения, автоматики со всеми вытекающими последствиями.

Все электрические сети изначально проектируются как системы с длительным временем (в течение десятков лет) межремонтной эксплуатации. В современных зданиях и сооружениях традиционным способом их защиты является защита от механических повреждений и прямого увлажнения. Как правило, система защиты реализуется в виде различного рода защитных конструкций (шлангов, коробов, решеток, кабельных шахт и т. д.). При этом электрические коммуникации практически не имеют коррозионной защиты и защиты от биологического воздействия (плесень, грызуны и т. д.). Вероятность возникновения аварийных ситуаций в подобных системах велика и может быть связана со многими причинами. Следует отметить, что внешние

неблагоприятные факторы могут оказывать комплексное воздействие. Например, повышенная влажность воздуха в течение длительного времени, как правило, не оказывает влияния на качество электроизоляции, но одновременное присутствие плесени и также жидкой влаги может привести к ее разрушению. Изначально предполагается, что все коммуникации должны эксплуатироваться в защищенных от жидкой влаги условиях. При этом не учитывается возможность аварийных неконтролируемых протечек и конденсации паров воды, возникающей за счет поступления теплого воздуха из отапливаемых помещений в зоны с пониженной температурой. Защита от плесени и грызунов, как правило, вообще не предусматривается.

Дополнительная защита электрических сетей от коррозии может быть обеспечена достаточно просто с помощью продувки электрических коммуникаций воздухом с пониженной влажностью. До сих пор в качестве средства «осушения» воздуха можно было рассматривать его нагрев, который позволяет повысить влагоемкость (максимальное содержание паров воды g/m^3). Однако такой «термический» способ имеет три существенных недостатка. Первый – это сравнительно высокие дополнительные энергозатраты, поскольку для нагрева 1 м^3 сухого воздуха на 1°C требуется около $1,3\text{ кДж}$. Второй недостаток состоит в том, что данный способ будет приводить к перегреву здания и отдельных его узлов, особенно в летнее время. Третий недостаток – продувка нагретым воздухом может быть эффективна только на коротких участках осушаемых коммуникаций. Дело в том, что нагрев воздуха хоть и приводит к увеличению его влагоемкости, но не способен понизить влагосодержание, а следовательно, «точку росы» (температуру, при которой происходит выпадение конденсата). Например, при начальной температуре $+20^\circ\text{C}$ и относительной влажности 50% точка росы воздуха составляет около $9,2^\circ\text{C}$. При нагреве такого воздуха до 40°C точка росы не изменится, а относительная влажность упадет до 16% . Теперь если такой нагретый воздух с повышенной влагоемкостью в продуваемой коммуникации начинает поглощать жидкую влагу, его относительная влажность и точка росы начинают повышаться. В итоге точка росы вполне может оказаться больше температуры кабельной коммуникации. Сразу же начнется выпадение конденсата и способ осушки нагретым воздухом превратится просто в способ перекачки влаги в более отдаленные участки кабельных коммуникаций, причем с высокими энергозатратами на нагрев воздуха.

Биологическое загрязнение, например образование плесени, в электрических коммуникациях также может быть эффективно предотвращено с помощью осушки, причем применение подогретого воздуха нежелательно по тем же вышеперечисленным причинам.

Использование газоразделительных методов, позволяющих предварительно осушить воздух, не меняя его температуры, является принципиально другим способом решения этой проблемы, свободным от вышеперечисленных недостатков.

Для борьбы с грызунами часто используют различные акустические отпугивающие средства и даже ядохимикаты, что резко снижает экологическую безопасность. Но также для эффективного отпугивания грызунов в зоне прокладки кабелей достаточно создать атмосферу с пониженным содержанием кислорода. Для этого необходимо, чтобы содер-

жание кислорода составляло не более 13%. При его концентрации 10% сравнительно быстро возникают необратимые изменения в организме и наступает летальный эффект. В этих целях также можно использовать газоразделительные методы, а в качестве сырья для получения такой атмосферы можно использовать атмосферный воздух.

Еще более высокую эффективность газоразделительные методы могут проявить в тех случаях, когда они позволяют одновременно осушать и обеднять воздух кислородом, поскольку в этом случае будет осуществляться комплексная защита кабельных коммуникаций от коррозии, грызунов и от возгорания.

Единственным требованием для функционирования подобной системы является наличие источника подготовки модифицированной воздушной атмосферы и также обеспечение некоторого, как правило, сравнительно невысокого уровня герметичности конструкции, в которой проложены электрические коммуникации. Герметичность подразумевается в том смысле, что она должна препятствовать проникновению внешнего воздуха в саму коммуникацию, находящуюся под небольшим избыточным давлением, и обеспечивать невысокий уровень утечек модифицированной атмосферы из нее.

Проблемы безопасности вентиляционных систем. Ряд используемых в настоящее время вентиляционных систем является потенциальным источником нарушения биологической безопасности эксплуатации зданий и сооружений. Приточно-вытяжная вентиляция в большинстве случаев использует воздухопроводы в виде различных коробов и др. Воздух, поступающий в вытяжной короб, как правило, имеет сравнительно высокую относительную влажность (на уровне 40–60% для помещений с постоянным пребыванием людей и на уровне до 90% и более для сантехнических помещений, кухонь и т. д.), при этом по мере движения по коробу воздух может охлаждаться, что приводит к выпадению конденсата и образованию благоприятных условий для развития микроорганизмов, которые с помощью той же вентиляции могут мигрировать по другим помещениям здания и способствовать переносу и развитию различных заболеваний. Типичным классическим примером является легионеллез (так называемая «Болезнь легионеров»), который только в одном из конкретных случаев одновременно привел к легочному заболеванию у 221 человека и к летальному исходу у 34 человек из 4 тыс. человек, посетивших съезд в конференц-зале гостиницы в г. Филадельфии в 1976 г. Причина была в бактериях, размножившихся в жидкости, накопленной в вентиляционной системе гостиницы.

Известно несколько способов предотвращения биологического заражения вентиляционных систем. Первый из них, получивший распространение в последнее время, основан на обеззараживании воздуха и внутреннего пространства вентиляционной системы с помощью ультрафиолетового излучения. В отдельных случаях этот способ является эффективным, но в большинстве случаев он может оказаться недостаточным и не гарантировать нужного обеззараживания. Причины могут быть разными, например невозможность обеззараживания воздуха на всей протяженности вентиляционного короба, а самое главное, трудность уничтожения уже образовавшихся колоний микроорганизмов, которые могут находиться в самых неожиданных местах.

Самым радикальным способом борьбы с биологическим заражением является предотвращение возможности образования конденсата воды в коробе. Как было показано выше, просто подогрев воздуха эту задачу не решает и единственным способом остается понижение влагосодержания воздуха, подаваемого в вентиляционную систему. Для этого может быть использовано добавление в вентиляционную систему предварительно осушенного воздуха, который можно получать с использованием технологий газоразделения. Например, если в вентиляционную систему поступает воздух при температуре +20°C с относительной влажностью 80% и в него подмешивать 30% сухого воздуха с точкой росы -30°C, то результирующий воздух будет иметь точку росы +11°C и в отапливаемом здании вероятность образования конденсата будет практически сведена к нулю.

Приведенные выше примеры повышения безопасности пользования зданиями и сооружениями с использованием модифицированного с помощью газоразделительных технологий воздуха не единственны. Сюда может быть отнесена и быстрая просушка намокших по каким-либо причинам навесных фасадных систем, «холодная» просушка труднодоступных коммуникаций и узлов конструкций и многое другое.

Перспективные газоразделительные способы осушки воздуха и снижения в нем содержания кислорода, а также их сравнительная эффективность будут приведены позже.

Обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений

После конструктивной безопасности противопожарная защита в процессе эксплуатации является главным критерием безопасности зданий и сооружений. По статистическим данным, в 2016 г. на территории РФ было зафиксировано около 140 тыс. пожаров, из которых на здания и сооружения различного назначения приходится около 100 тыс. Особую важность вопросы пожарной безопасности приобретают в высотных строениях, где водяное пожаротушение значительно затруднено.

Традиционными средствами пожаротушения в зданиях и сооружениях являются водяные, пенные и порошковые (НПБ 88-2001 «Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования»). Использование этих средств сопряжено с рядом существенных недостатков. Во-первых, все эти вещества в той или иной степени наносят вред конструкциям, оборудованию и другим материалам. В послепожарный период здание должно быть подвергнуто тщательной строительной экспертизе и, возможно, существенной реконструкции. Во-вторых, их использование сопряжено с большим числом технических проблем. Это доступ личного состава, трудности подачи огнетушащих средств и оборудования, особенно на верхние этажи и др. [6].

Приведенные выше средства пожаротушения условно можно назвать «поверхностными», поскольку ликвидация огня требует подачи огнетушащего материала непосредственно на горящую поверхность. В последнее время широкое распространение получили объемные системы пожаротушения, способные ликвидировать возгорания даже в труднодоступных местах. Объемные системы используют различные огнетушащие газовые агенты, принцип действия которых основан на двух различных механизмах.

Это так называемые хладоны, способные резко замедлить реакцию горения, а также разбавляющие атмосферу газы, понижающие содержание кислорода до концентрации, при которой горение не поддерживается или просто прекращается. Для того чтобы горение резко замедлить необходимо снижение концентрации кислорода до величины не более 12%, а чтобы практически мгновенно его прекратить – не более 10%. К основным используемым на практике разбавляющим газам относятся аргон, углекислый газ, инерген и азот. Газовое пожаротушение в ряде случаев обладает уникальными преимуществами, поскольку его использование не приводит к таким последствиям, как утрата материальных ценностей и порча объектов возгорания в результате их намокания и химического воздействия. Установки газового пожаротушения, как правило, являются стационарными и включают в свой состав источники сжатого или сжиженного газа (НПБ 54-01 «Установки газового пожаротушения автоматические. Модули и батареи. Общие технические требования. Методы испытаний») в модулях и батареях из баллонов высокого давления. Поскольку емкость единичного баллона невелика (газовый баллон объемом 40 л, заполненный инертным несжиженным газом, содержит около 6 м³ газа при атмосферном давлении), то и сами установки предназначены для тушения пожара только в изолированных помещениях сравнительно малого объема (серверные, хранилища ценностей и документов и пр.). Кроме этого недостатка существующие установки сами по себе представляют опасность, поскольку при нагревании по тем или иным причинам баллоны под высоким давлением могут стать источником взрыва и разрушения конструкций.

В последнее время участились случаи пожаров по причине возгорания вентилируемых навесных фасадных систем (НФС) зданий [6]. Вентилируемая фасадная система имеет воздушный зазор между утеплителем и облицовкой. Утеплитель укрыт ветровлагозащитной пленкой, выполненной, как правило, из горючего материала. Возгорание, возникшее по разным причинам (либо внутри здания, либо в самой НФС), в вентиляционном зазоре распространяется с большой скоростью, причем во всех направлениях. Перенос вверх происходит за счет потока воздуха в вентиляционном зазоре, перенос вниз – за счет падения горящей расплава и перенос в боковые стороны – за счет ветровой нагрузки. При этом пожар за счет неплотностей в оконных проемах может перекинуться на внутренние помещения здания на различных этажах. Последствия такого пожара могут многократно превышать последствия обычного пожара, поскольку он имеет гораздо больший масштаб и приводит к обрушению навесной фасадной системы. Успешные опыты тушения подобных пожаров крайне редки, поскольку отсутствует возможность подачи воды или пены непосредственно к очагу возгорания без демонтажа или разрушения НФС. Эффективным средством может оказаться объемное газовое пожаротушение, но использование существующих установок не позволяет это выполнить по той простой причине, что заложенный в них ресурс по огнетушащему агенту является крайне ограниченным по числу баллонов в модулях и батареях. Достаточно полное решение проблемы может быть только в том случае, когда используется непрерывный долгодействующий источник газа, который способна обеспечить газоразделительная установка, производящая азот из атмосферного воздуха.

Газоразделительные методы и установки

Рассмотрим теперь газоразделительные методы, которые на практике могут быть применены для защиты строительных объектов. В настоящем случае газоразделительная задача сводится либо к отделению от воздуха паров воды (осушка), либо к удалению кислорода (повышение концентрации азота), либо к комплексной переработке воздуха с получением сухого азота.

Наиболее распространенным методом газоразделения является использование адсорбционных процессов, в которых поток сжатого воздуха пропускается через твердый сорбент, который селективно поглощает определенные газовые компоненты, в частности пары воды. Для осушки воздуха наиболее эффективны алюмогели и силикагели, которые позволяют понизить концентрацию водяных паров до точки росы -50°C. Для обогащения азота широко используются синтетические углеродные молекулярные сита, которые позволяют понизить остаточное содержание кислорода до долей процента. Конструктивно адсорбционные установки представляют собой колонны, заполненные сорбентом, который необходимо периодически регенерировать продувкой горячим воздухом или получаемым продуктом при определенных давлении и температуре. В настоящее время широкое распространение получили процессы короткоциклового адсорбции, в которых в двух параллельных колоннах попеременно проводят сорбцию и десорбцию, что делает процесс газоразделения практически непрерывным. Производительность адсорбционных установок по получаемому продукту может быть практически любой. Все зависит от количества адсорбционных колонн и производительности используемого компрессора. Однако адсорбционный способ газоразделения имеет ряд недостатков. Первый из них состоит в том, что на установке используется сорбент определенного типа. Это означает, что установка решает только одну из задач – либо осушка воздуха, либо обогащение воздуха по азоту. Второй недостаток связан с тем, что для регенерации сорбента требуются дополнительные энергозатраты. И третий недостаток – потери сорбентов за счет постепенного снижения сорбционных свойств и механического разрушения при циклическом изменении давления. Тем не менее можно полагать, что адсорбционные газоразделительные технологии могут быть адаптированы и достаточно эффективно использованы в строительной отрасли как средство повышения эксплуатационной безопасности зданий и сооружений.

Рассмотрим теперь другой газоразделительный метод, который свободен от перечисленных выше недостатков. Это мембранный метод покомпонентного разделения воздуха. Метод принципиально отличается от адсорбционного, по-

Таблица 1
Проницаемость компонентов воздуха через мембраны

Газ	N ₂	O ₂	H ₂ O
ПВТМС, П, нл/(м ² ·ч·атм)	120	430	18000
ПДМС, П, нл/(м ² ·ч·атм)	110	210	10000

Таблица 2
Зависимость энергопотребления от концентрации азота и точки росы

Концентрация азота, % (об.)	84	88	93	98
Точка росы, °C	-30	-50	-75	-100
Энергопотребление, Вт/(нм ³ /ч)	80	106	159	318

сколькo основан не на поглощении какого-то одного газа, а на избирательном (селективном) пропускании через мембрану всех газовых компонентов воздуха. В мембране не происходит накопления каких-либо его компонентов. Под действием перепада давления они все проникают через ее поверхность, но их проницаемость различна, что и приводит к эффекту газоразделения.

Остановимся на методе мембранного газоразделения более подробно и покажем его возможности. Как уже сказано, принцип мембранного газоразделения основан на различной проницаемости газовых компонентов через поверхность мембраны. Для большинства полимерных мембран проницаемости располагаются в следующем порядке $P_{N_2} < P_{O_2} < P_{H_2O}$. Обычно рассматриваются объемные проницаемости, показывающие поток в нормальных литрах в час (нл/ч), приходящийся на 1 м² поверхности мембраны при перепаде давления на мембране в 1 атм (нл/(м²·ч·атм)). Таким образом, при пропускании сжатого воздуха вдоль поверхности мембраны в области высокого давления происходит снижение концентрации кислорода и паров воды и обогащение азота. Например, для типичных селективных мембран на основе поливинилтриметилсилана (ПВТМС) и полидиметилсилоксана (ПДМС) проницаемости имеют величины, приведенные в табл. 1.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что использование в газоразделительной установке мембраны типа ПВТМС позволяет в непроницаемом через мембрану потоке высокого давления получать высокую осушку от паров воды и одновременное сравнительно заметное снижение концентрации кислорода. Если использовать мембрану типа ПДМС, то непроницаемый поток высокого давления также будет эффективно осушен от паров воды, но по составу азот-кислород может оказаться более близким к составу воздуха. Поэтому мембрана ПДМС на практике используется в основном для решения задач осушки воздуха, а мембрана ПВТМС является более универсальной мембраной, с помощью которой можно одновременно в широких пределах менять как концентрацию азота, так и степень осушки воздуха. В настоящее время существует довольно широкий спектр мембранных материалов, используемых для газоразделения. Как правило, мембранные материалы производятся в виде полых волокон либо в виде плоских мембран, что влияет на конструктивные особенности газоразделительных устройств.

Расчет мембранных газоразделительных процессов проводится на основе физико-математических моделей массопереноса в реальных мембранных установках [7, 8].

Ниже приведены результаты таких расчетов, которые показывают энергопотребление, требуемое для производства потока модифицированной воздушной атмосферы различного состава с использованием мембраны ПВТМС.

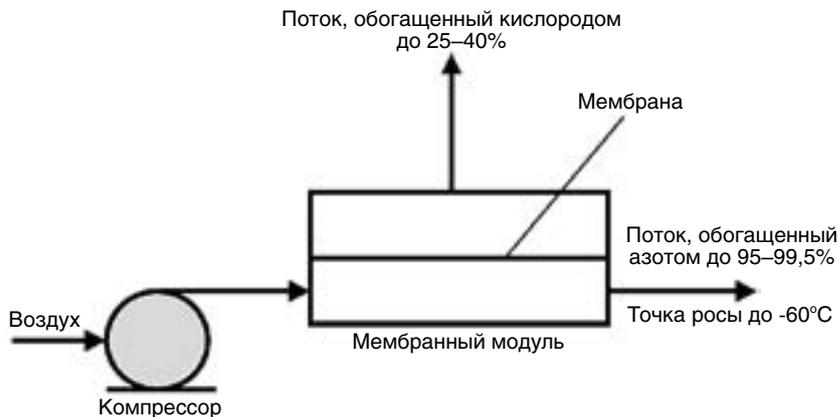


Рис. 1. Схема проточной мембранной установки для разделения воздуха

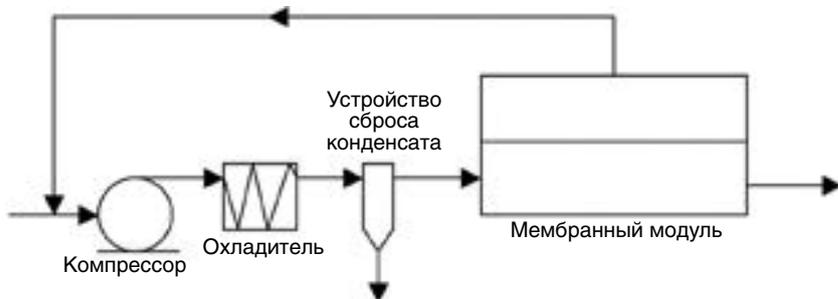


Рис. 2. Рециркуляционная схема мембранной установки для осушки воздуха

Таблица 3
Зависимость энергопотребления от концентрации азота и точки росы для рециркуляционной схемы

Отношение целевого потока к рециркуляционному	Компрессорная схема			
	20°C		5°C	
	Точка росы, °C	Энергозатраты, Вт/(нм ³ /ч)	Точка росы, °C	Энергозатраты, Вт/(нм ³ /ч)
100	-4,1	53,3	-16,5	59,2
10	-8,3	58,5	-20,5	64,3
5	-12,6	63,8	-24,5	69,8
2	-23	79,5	-32,9	86
1	-33,6	112,3	-45,5	113,1
0,5	-50,7	153	-62,5	167,9

Рассмотрены два типа мембранных газоразделительных установок. Первая – проточная разделительная мембранная установка (рис. 1), в которой происходит одновременное обогащение продукта азотом и его осушка от паров воды. Вторая – рециркуляционная мембранная установка, предназначенная только для осушки воздуха.

В проточной установке сжатый воздух подается в область высокого давления мембранного модуля. В проницаемом через мембрану потоке низкого давления происходит обогащение кислородом и парами воды, а в потоке продукта высокого давления – получение осушенного воздуха, обогащенного азотом. В том случае, когда процесс газоразделения проводят при высоком давлении 8 атмосфер (абсолютных), энергопотребление для производства воздуха в зависимости от его обогащения азотом и степени осушки приведено в табл. 2. Энергопотребление выражено в мощности компрессора, требуемой для производства одного нормального метра кубического продукта в час.

В рециркуляционной схеме поток воздуха, проникший через мембрану, возвращается на вход компрессора, а для сброса паров воды используется охладитель. В зависимости от его температуры (в расчетах использованы две температуры охладителя – +20°C и + 5°C) и отношения целевого потока к рециркуляционному точка росы и энергопотребление на производство осушенного воздуха приведены в табл. 3. В расчетах принято, что окружающий воздух имеет температуру 20°C и относительную влажность 50%.

Данные по энергопотреблению, представленные в табл. 2, 3, приведены без учета КПД компрессора. Но даже если его принять, например на уровне $\eta = 0,3$, то полученные значения оказываются достаточно выгодными для того, чтобы газоразделительный метод был использован на практике. Например, при тушении пожара, возникшего в НФС, для обеспечения производительности 10 м³/мин по воздуху с 90% содержанием азота потребуется мощность компрессора 242 кВт, что технически может быть реализовано на базе существующей мобильной пожарной техники.

Таким образом, газоразделительные технологии с использованием в качестве сырья окружающего атмосферного воздуха могут быть достаточно эффективно использованы для решения некоторых задач повышения эксплуатационной безопасности зданий и сооружений. Мембранные газоразделительные системы экологически безопасны, долговечны и способны работать длительное время в непрерывном режиме, используя в качестве сырья окружающий атмосферный воздух.

Список литературы

1. Карпенко Н.И., Колчунов В.И. О концептуально-методологических подходах к обеспечению конструктивной безопасности. *Строительная физика в XXI веке. Материалы научно-технической конференции*. М.: НИИСФ РААСН, 2006. С. 516–521.
2. Окунев А.Ю. Перспективы применения мембранных технологий при эксплуатации зданий // *ACADEMIA. Архитектура и строительство*. 2009. № 5. С. 476–479.
3. Левин Е.В., Окунев А.Ю. К вопросу об использовании мембранных технологий для создания дыхательных атмосфер // *ACADEMIA. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 512–520.
4. Левин Е.В., Окунев А.Ю. Мембранные системы регулировки влажности воздуха // *ACADEMIA. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 505–511.
5. Клямкин В.И. Опыт обеспечения пожарной безопасности высотных и многофункциональных зданий в Москве. *Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений. Материалы XIX научно-практической конференции*. М.: ВНИШ, 2005. Ч. 3. С. 31–47.
6. Воробьев В.Н. Навесные фасадные системы. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности. Владивосток: Портативстрой, 2017. 47 с.
7. Sun-Tak Hwang, Kammermeyer K. Membranes in separation. New York: J. Wiley & Sons, 1975.
8. Мулдер М. Введение в мембранную технологию. М.: Мир, 1999. 520 с.

References

1. Karpenko N.I., Kolchunov V.I. About conceptual and methodological approaches to ensuring constructive safety.

Construction physics in the 21st century. Materials of a scientific and technical conference. Moscow: NIISF RAASN, 2006, pp. 516–521. (In Russian).

2. Okunev A.Yu. The prospects of use of membrane technologies at operation of buildings. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2009. No. 5, pp. 476–479. (In Russian).
3. Levin E.V., Okunev A.Yu. To a question of use of membrane technologies for creation of the respiratory atmospheres. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. No. 3, pp. 512–520. (In Russian).
4. Levin E.V., Okunev A.Yu. Membrane systems of adjustment of humidity of air. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2010. No. 3, pp. 505–511. (In Russian).
5. Klyamkin V.I. Experience of ensuring fire safety of high-rise and multipurpose buildings in Moscow. *Fire safety of multipurpose and high-rise buildings and constructions. Materials XIX scientific and practical conference*. Moscow: VNISh. 2005, pp. 31–47. (In Russian).
6. Vorob'ev V.N. Navesnye fasadnye sistemy. Rekomendatsii po obespecheniyu pozharnoi bezopasnosti [Hinged front systems. Recommendations about ensuring fire safety]. Vladivostok: Portaktivstroj, 2017. 47 p. (In Russian).
7. Sun-Tak Hwang, Kammermeyer K. Membranes in separation. New York: J. Wiley & Sons, 1975.
8. Mulder M. Vvedenie v membrannuyu tekhnologiyu [Introduction to membrane technology]. Moscow: World, 1999. 520 p. (In Russian).

На журнал

**ЖИЛИЩНОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО**

можно оформить подписку на почте

По каталогу агентства «Роспечать»
ИНДЕКС 79250



По объединенному каталогу
«Пресса России»
Индекс 70283



Оставайтесь с нами!

ВЫСТАВКА

КРЫМ. СТРОЙИНДУСТРИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ОСЕНЬ-2017

9-11 ноября

г. Ялта, ул. Дражинского, 50
ГК «ЯЛТА-ИНТУРИСТ»

- Современные строительные материалы и технологии.
- Краски, лаки.
- Строительные машины и механизмы.
- Окна, двери, кровли, фасады.
- Металлические конструкции.
- Сантехника.
- Экология. Системы очистки воды.
- Системы отопления, вентиляции и кондиционирования.
- Электротехническое и осветительное оборудование.
- Кабельно-проводниковая продукция.
- Энергосбережение и использование нетрадиционных экологически чистых источников энергии.
- Системы автоматизации. Программное обеспечение предприятий строительной, энергетической, электротехнической отраслей промышленности.

ФОРУМ КРЫМСКИЕ
ВЫСТАВКИ

Оргкомитет: Республика Крым, г. Симферополь, ул. Горького, 8, оф. 27,
моб.: +7 978 78 178 83, т./ф.: +7(3652) 54-60-66, +7(3652) 54-67-46,
E-mail: marketing@expoforum.biz, http://expoforum.biz/

II Международный симпозиум по долговечности и устойчивому развитию конструкционного бетона DSCS 2018

Москва, 6-7 июня 2018 г.



Организаторы:

Итальянское отделение американского института бетона (ACI IC) и Российская инженерная академия (РИА) При участии Российской академии наук (РАН) и Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН)

Спонсоры конференции:

Американский институт бетона (ACI) и его комитеты: C130 (Sustainability of Concrete), C201 (Durability of Concrete), C544 (Fiber Reinforced Concrete), C549 (Thin Reinforced Cementitious Products and Ferrocement); Международная федерация по конструкционному бетону (fib); Международный союз экспертов и лабораторий в области испытаний строительных материалов, систем и конструкций (RILEM)



Тематика симпозиума

- Сокращение парниковых газов в цементной и бетонной промышленности
- Рециклирование и организация удаления отходов в производстве бетонов и растворов
- Сульфоалюминатные цементы как альтернатива портландцементу и смешанным цементам
- Щелочеактивированные материалы и геополимеры для устойчивого строительства
- Долговечность железобетонных конструкций
- Оценка жизненного цикла в строительстве из бетона
- Повторное использование и восстановление функциональности железобетонных конструкций
- Ремонт и эксплуатация
- Контроль, инспектирование и мониторинг
- Примеры из практики

Место проведения конференции: Российская академия наук, Москва, Россия

<http://www.aciitaly.com/events/dscs2018>

Секретариат симпозиума: ACI Italy Chapter Secretary (aciitalychapter@gmail.com)

Российский секретариат: Леонид Иванов, региональная группа РИЛЕМ (l.a.ivanov@mail.ru);
Сергей Бронин, Национальная группа ФИБ (bronin@list.ru).

WorldBuild Baku

ufi
Approved
Event

23-я Азербайджанская
Международная Выставка
«Строительство»

18 - 21 октября 2017

Баку Экспо Центр, Баку, Азербайджан

Для дополнительной информации

www.worldbuild.az



[www.fb.com/WorldBuildBaku](https://www.facebook.com/WorldBuildBaku) #WorldBuildBaku

Организаторы



Тел. : +99412 404 10 00
Факс : +99412 404 10 01
E-mail: build@iteca.az



НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

22-24 ноября 2017 г. Екатеринбург

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

СОВРЕМЕННЫЙ АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН



Соорганизатор



Генеральный спонсор компания



Конференция приурочена к 10-летию создания Национальной Ассоциации производителей Автоклавного Газобетона, и по традиции затронет широкий круг вопросов отрасли производства автоклавного газобетона:

- Развитие отрасли автоклавного газобетона в условиях спада строительства. Статистика производства. Место на рынке стеновых материалов. Прогноз развития рынка АГБ. Особенности производства и применения на постсоветском пространстве.
- Продажи в условиях кризиса. Стратегия продвижения ячеистого бетона в условиях развития конкурентных стеновых материалов. Конкуренция внутри отрасли. Развитие методик продаж.
- Оптимизация производства автоклавного газобетона. Применение новых материалов, оборудования и технологий, позволяющих сократить производственные издержки и повысить качество выпускаемой продукции. Информационные технологии как инструмент для оптимизации производства.
- Расширение номенклатуры выпускаемой продукции. Новая продукция из автоклавного газобетона. Изменение формы блока с целью повышения герметичности кладки. Плиты и перемычки из АГБ. Теплоизоляционные ячеистые бетоны автоклавного твердения: особенности производства, существующие и потенциальные области применения. Сборно-монолитные перекрытия с внешним армированием растянутой зоны тонкостенной несъемной опалубкой.
- Совершенствование методов испытания автоклавного газобетона. Оценка прочности при испытании блоков, уточнение масштабных коэффициентов.
- Исследование процессов формирования газобетонной структуры. Изучение физических процессов, протекающих при автоклавной обработке газобетона. Модификация состава и структуры введением комплексных добавок.
- Проблемы применения автоклавного газобетона. Изучение трещинообразования в конструкциях из автоклавного газобетона, выработка методов повышения трещиностойкости. Применение в помещениях с влажными и мокрыми режимами эксплуатации. Армирование кладки из АГБ. Материалы для армирования.
- Пенополиуретановый клей как альтернатива цементно-песчаным смесям. Опыт применения и ассортимент ППУ-составов. Оценка прогнозной долговечности ППУ кладочного шва в АГБ кладке. Прочностные и деформационные характеристики кладки АГБ на пенополиуретановом клее.
- Изменение нормативной базы производства и применения АГБ.

Оргкомитет конференции: +7 904 634 38 88; e-mail: as@gazo-beton.org; <http://gazo-beton.org>; <http://naag.pf>. Контактное лицо: Анастасия Смирнова