



ISSN 0044-4472

6'2016

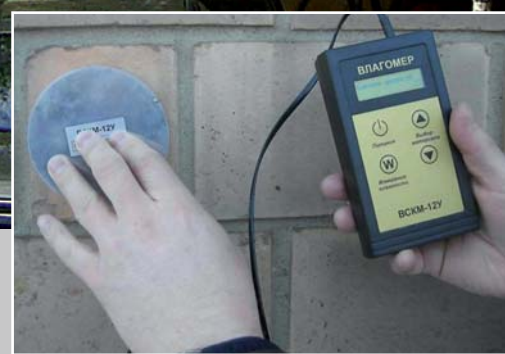
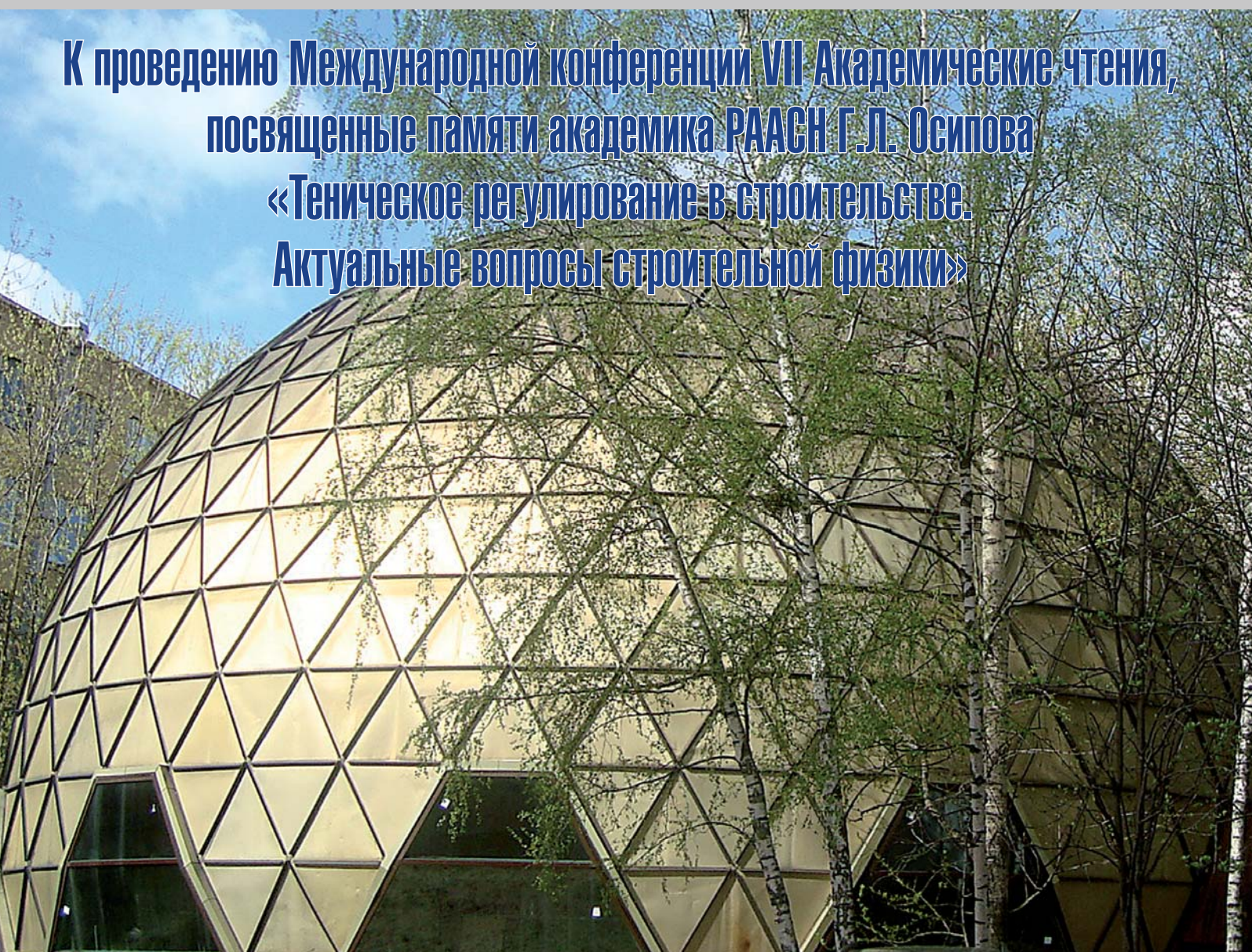
ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

научно-технический и производственный журнал

www.rifsm.ru

издается с 1958 г.

К проведению Международной конференции VII Академические чтения,
посвященные памяти академика РААСН Г.Л. Осипова
«Теническое регулирование в строительстве.
Актуальные вопросы строительной физики»



100+

FORUM RUSSIA

Международный форум
высотного и уникального
строительства



5-7 октября 2016
МВЦ «Екатеринбург-ЭКСПО»

тел.: +7 (343) 35-111-78
e-mail: info@forum-100.ru

**ОБМЕН ОПЫТОМ. НОВЫЕ ДЕЛОВЫЕ КОНТАКТЫ
РОССИЙСКИЕ И ЗАРУБЕЖНЫЕ ЭКСПЕРТЫ**

УЧАСТИЕ В ФОРУМЕ БЕСПЛАТНОЕ. ОТКРЫТА ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ
www.forum-100.ru

+ ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ ДЕЛОВОЙ ПРОГРАММЫ

- + Проектирование высотных зданий и уникальных сооружений
- + Современный урбанизм: тенденции создания комфортного города
- + Освоение подземного пространства мегаполисов
- + Инновации в высотном и уникальном строительстве
- + Мосты и большепролетные сооружения
- + Инженерные системы высотных и уникальных сооружений

При поддержке Минстроя России
Партнер деловой программы - газета "Ведомости»

Крым Стройиндустрия Энергосбережение

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

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

2016 Осень

27-29 октября

г. Симферополь,
ул. Киевская, 115,
ДКП

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

 **ФОРУМ**
КРЫМСКИЕ
ВЫСТАВКИ

Учредитель журнала
АО «ЦНИИЭП жилища»

Ежемесячный научно-технический
и производственный журнал

Входит в Перечень ВАК
и государственный проект РИНЦ

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,
генеральный директор
АО «ЦНИИЭП жилища» (Москва)*

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

ГАГАРИН В.Г.,
д-р техн. наук (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 объявления.**

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Издается с 1958 г.

6'2016

Доклады VII Академических чтений «Техническое регулирование в строительстве. Актуальные вопросы строительной физики»

Д.В. МИХЕЕВ

Состояние нормативной базы технического регулирования строительства
и задачи ее развития 3

В.Г. ГАГАРИН, В.В. КОЗЛОВ, К.П. ЗУБАРЕВ

Анализ расположения зоны наибольшего увлажнения в ограждающих конструкциях
с различной толщиной теплоизоляционного слоя 8

Е.Г. МАЛЯВИНА

Выявление экономически целесообразной теплозащиты наружных ограждений
трехэтажного здания 13

Н.И. КАРПЕНКО, С.Н. КАРПЕНКО

Построение физических соотношений для расчета железобетонных конструкций
при объемном напряженном состоянии с учетом физической
нелинейности материалов 16

Н.П. УМНЯКОВА, В.А. КУЗЬМИН

Применение отражательной теплоизоляции в многослойных панелях
с эффектом многократного отражения теплового потока 21

А.Ю. ОКУНЕВ, Е.В. ЛЕВИН

Методы расчета теплопотерь через основания зданий и сооружений 25

В.А. ИЛЬИЧЕВ, Н.С. НИКИФОРОВА, А.В. КОННОВ, В.Р. ИРТУГАНОВА

Мониторинг строительства многофункционального жилого комплекса
с подземной автостоянкой 29

В.А. СМЕРНОВ

Экспериментально-численная оценка уровней вибраций конструкции фундамента
высокоточного оборудования 33

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

Оценка возможности снижения шума от МКАД на жилой территории «Заречье» 37

Архитектурное наследие формирует культурное самосознание

и социальную позицию человека 40

С.Г. ШЕИНА, Е.Н. МИНЕНКО

Методика выбора организационно-технологических ресурсосберегающих решений
в жилищном строительстве по многокритериальной системе оценки 42

Участники конкурса «ЗЕЛЕНый ПРОЕКТ 2015/16» –

будущее устойчивого развития России 46

Т.Ф. ЕЛЬЧИЩЕВА

Динамика содержания примесей в воздухе Центрально-Черноземного региона
для проектирования наружных ограждающих конструкций зданий 48

Founder of the journal

AO «TSNIIEP zhilishcha»

Monthly scientific-technical
and industrial journal

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

ZHILISHCHNOE
STROITEL'STVO

Published since 1958

6'2016

Editor-in-chief

YUMASHEVA E.,

*chemical process engineer,
Honorary Builder of Russia*

Editorial Board:

NIKOLAEV S.,

*Chairman, Doctor of Sciences
(Engineering), General Director,
AO «TSNIIEP zhilishcha» (Moscow)*

VOLKOV A.,

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

GAGARIN V.,

*Doctor of Sciences (Engineering)
(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 infor-
mation, the accuracy of the data from
the cited literature and for using in
articles data which are not open to the
public.

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

Reprinting

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

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

Reports of the VII Academic reading

«Technical regulation in construction. Actual issues of building physics»

D.V. MIKHEYEV

Review of a Condition of Regulatory Base of Technical Regulation Constructions
and Tasks of Her Development 3

V.G. GAGARIN, V.V. KOZLOV, K.P. ZUBAREV

Analysis of the Zone Location of Maximum Moistening in the Wall System
with Different Thickness of Insulation Layer 8

E.G. MALYAVINA

Revealing of Economic Reasonability of Heat Insulation of Three-Storey Building's
External Enclosing Structures 13

N.I. KARPENKO, S.N. KARPENKO

The Construction of Physical Relations for Account of Reinforced Concrete Structures under
Triaxial Stress State Taking into Account of Physical Nonlinearity of Materials. 16

N.P. UMNIAKOVA, V.A. KUZMIN

The Use of Reflective Heat Insulation in Multilayer Panels with Effect
of Multiple Reflection of a Heat Flow 21

A.Yu. OKUNEV, E.V. LEVIN

Methods for Calculation of Heat Losses through Foundations of Buildings and Structures 25

V.A. IL'ICHEV, N.S. NIKIFOROVA, A.V. KONNOV, V.R. IRTUGANOVA

Monitoring of Construction of Multifunctional Residential Complex
with Underground Car Parking 29

V.A. SMIRNOV

Experimental – Numerical Study of Precision Equipment's Foundation Vibration Levels. 33

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

Assessment of Possibility to Reduce Noise from MKAD at Residential Territory «Zarechie» 37

The Architectural Heritage Forms the Cultural Identity and Social Position of the Person 40

S.G. SHEINA, N.E. MINENKO

Methods for Choosing Organizational-Technological Resource Saving Solutions
in Housing Construction by Multi-Criteria Evaluation System 42

The participants of the competition «GREEN PROJECT 2015/16»

are the future of a sustainable development of Russia. 46

T.A. EL'CHISHCHEVA

Dynamics of Admixtures Content in Air of Central Black Earth Economic Region
for Designing of External Enclosing Structures of Buildings 48

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

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

Email: mail@rifsm.ru http://www.rifsm.ru/

УДК 69.003

Д.В. МИХЕЕВ, канд. экон. наук (info@faufcc.ru), директор

Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве
(109316, г. Москва, Волгоградский пр-т, 45, стр. 1)

Состояние нормативной базы технического регулирования строительства и задачи ее развития

В 1994 г. утверждением нового СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения» Госстроем России была начата работа по реформированию действовавшей системы в целях перехода от административной к более гибкой системе нормативных документов в строительстве. Эта работа не была завершена в связи с принятием в 2002 г. Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Закон предусматривал в течение семи лет заменить все действующие обязательные нормативные документы техническими регламентами законодательного уровня, в исчерпывающем объеме содержащими обязательные требования в области безопасности. В 2015 г. Минстроем России начата системная работа в области технического регулирования, включая разработку и реализацию трехлетней программы по реформированию системы технического нормирования. В качестве механизма, обеспечивающего непротиворечивость и согласованность требований нормативных документов, утверждаемых различными органами власти, предусматривается организация их системной разработки, проведение взаимных согласований проектов документов и внесение согласованных и утвержденных документов в единый реестр.

Ключевые слова: техническое регулирование, системная работа, Минстрой РФ.

D.V. MIKHEYEV, Candidate of Sciences (Economics) (info@faufcc.ru), Director
Federal center of rationing Standardization and a technical evaluation of compliance in construction
(str. 1, 45, Volgogradskij Avenue, 109316, Moscow, Russian Federation)

Review of a Condition of Regulatory Base of Technical Regulation Constructions and Tasks of Her Development

In 1994 the statement new Construction Norms and Regulations 10-01-94 «System of normative documents in construction. Basic provisions» the State Committee for Construction of Russia has begun work on reforming, the system operating then for transition from administrative to more flexible system of normative documents in construction. But this work hasn't been complete in connection with adoption in 2002 of the Federal law No. 184-FZ «On technical regulation». The law provided within 7 years to replace all existing obligatory normative documents, the technical regulations of legislative level containing obligatory requirements in the field of safety in exhaustive volume. In 2015, the Ministry of Construction, Architecture and Housing of Russia has begun system work in the field of technical regulation, including development and implementation of the three-year program for reforming of system of technical rationing. As the mechanism, providing consistency and coherence of requirements of the normative documents approved by various authorities the organization of their system development, carrying out mutual coordination of draft documents and entering of the coordinated and approved documents into the unified register is provided.

Keywords: technical regulation; system work; Ministry of Construction.

Исходная ситуация

Нормативно-техническое регулирование строительства в России развивалось как самостоятельное направление нормативной деятельности для решения задач каждого этапа развития.

В 1994 г. утверждением нового СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения» Госстроем России была начата работа по реформированию действовавшей тогда системы в целях перехода от административной к более гибкой системе нормативных документов в строительстве.

В этот период были введены новые более эффективные экономичные противопожарные нормы, повышены в 2,5–3 раза требования по тепловой защите строительных конструкций и трубопроводов, оборудования и тепловых сетей, обеспечен переход к новым более эффективным конструкциям окон и других светопрозрачных ограждений, введены требования по применению автономного отопления, пластмассовых труб для внутренних систем зданий и

подземных трубопроводов газораспределительных систем, приборов учета расхода воды и т. д. Но эта работа не была завершена в связи с принятием в 2002 г. Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Закон предусматривал в течение семи лет заменить все действующие обязательные нормативные документы техническими регламентами законодательного уровня, в исчерпывающем объеме содержащими обязательные требования в области безопасности.

Закон не учитывал реально существующих в мировой и отечественной практике отличий технического регулирования в строительстве от технического регулирования в промышленности и за пределами указанного переходного периода не предусматривал применения в строительстве строительных норм и правил, сводов правил, которые являлись и еще являются основными видами нормативных документов, устанавливающих технические требования к зданиям и сооружениям.

В 2007 г. (№ 65-ФЗ) в Федеральный закон «О техническом регулировании» были внесены концептуальные изме-

нения, которыми разрешалось формулировать требования технических регламентов в обобщенном виде, с тем чтобы обеспечивать соблюдение этих требований применением на добровольной основе национальных стандартов и сводов правил по соответствующим перечням.

Затем Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» с учетом новых требований Закона № 184-ФЗ ранее утвержденные строительные нормы и правила были признаны сводами правил, которые подлежали в дальнейшем актуализации. Правительству поручалось утвердить перечень стандартов и сводов правил (их частей), применением которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований указанного регламента, а Росстандарту – перечень стандартов и сводов правил, применяемых с той же целью на добровольной основе.

В соответствии с требованиями указанного технического регламента № 384-ФЗ распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047 был утвержден для применения на обязательной основе перечень частей 82 СНИПов из примерно 150 ранее обязательных строительных нормативных документов и восьми национальных стандартов в области строительства. Минрегионом России была проделана работа по актуализации основного массива ранее утвержденных строительных норм и правил (СНИПов) с одновременной переработкой их из обязательных нормативных документов в своды правил добровольного применения. В соответствии с возникающими потребностями внедрения новых технологий и проектных решений разрабатывались новые своды правил по проектированию и строительству, пересматривались и разрабатывались новые национальные стандарты на строительные материалы, изделия, конструкции и оборудование.

На основе проведенной работы утвержденный распоряжением от 21.06.2010 г. № 1047 перечень был пересмотрен и постановлением Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 г. № 1521 утвержден новый перечень, в котором содержатся (с учетом внесенных в сентябре 2015 г. изменений) части (разделы, подразделы и пункты) четырех национальных стандартов и 72 сводов правил (актуализированных редакций СНИПов), предназначенных для обеспечения соблюдения требований технического регламента № 384-ФЗ на обязательной основе. Росстандартом по предложениям Минрегиона России утвержден перечень из 126 национальных стандартов и 146 сводов правил (их частей), предназначенных для обеспечения требований указанного технического регламента к зданиям и сооружениям на добровольной основе.

Всего по состоянию на 1 января 2016 г. за Минстроем России закреплено порядка 150 сводов правил и других нормативных документов по проектированию и строительству. За возглавляемым Минстроем России техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство» закреплено около 850 национальных стандартов, утвержденных Росстандартом, основная часть которых (за исключением указанных выше 126 стандартов) – стандарты на строительные материалы, изделия и инженерное оборудование зданий и сооружений.

Вместе с тем, как показывает практика, установленный в соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» порядок обеспечения соблюдения требований регламента

применением на обязательной основе отдельных частей (разделов, подразделов и пунктов) сводов правил, предназначенных в целом для добровольного применения, излишне усложнен и требует пересмотра. Получившие обязательный статус отдельные требования (части) сводов правил не носят комплексного характера, и их применение само по себе не может обеспечить безопасность строительства. Различный, а порой и неопределенный статус документов одного вида и их разобщенность существенно затрудняют понимание и пользование ими. Перечни документов, применяемых для соблюдения требований регламента на добровольной основе, не содержат критериев необходимости и достаточности для применения при проектировании и строительстве конкретных объектов и не могут играть ту роль, для которой они предназначены.

Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (№ 384-ФЗ) распространяется на все виды строительных сооружений. Но в строительстве уже действует не один технический регламент. Наряду с указанным регламентом № 384-ФЗ требования пожарной безопасности к зданиям и сооружениям установлены в Федеральном законе № 123-ФЗ «О пожарной безопасности». В соответствии с подготовленными Минпромторгом России планами разработаны и действуют технические регламенты на автомобильные дороги и инфраструктуру железнодорожного транспорта (в том числе технические регламенты Таможенного союза), технические регламенты на газораспределительные системы, трубопроводной транспорт и т. д. При этом не координируется содержание разрабатываемых технических регламентов как с точки зрения требований, предъявляемых к строительным объектам этими регламентами, хотя бы с точки зрения взаимодействия этих объектов между собой, так и с точки зрения определения номенклатуры нормативных документов, с применением которых должно обеспечиваться соблюдение требований регламентов. Установленные техническими регламентами требования к формам и методам оценки соответствия, как правило, не увязаны с соответствующими требованиями Градостроительного кодекса.

При проектировании и строительстве применяются не только документы, приведенные в перечнях, но и формально не относящиеся к сфере технического регулирования документы федеральных органов исполнительной власти (в том числе органов надзора), утверждаемые в соответствии с правами, предоставленными им законодательством. Кроме того, при наличии обязательных требований сводов правил на отдельные виды сооружений или разработанных в ТК 465 «Строительство» стандартов на строительные материалы в параллельных технических комитетах, например ТК 418 «Дорожное хозяйство» и др., разрабатываются и Росстандартом утверждаются в отношении одних и тех же объектов стандарты, дублирующие или даже противоречащие требованиям действующих документов. Согласование стандартов и разрабатываемых различными ведомствами сводов правил должным образом не организовано и не предусмотрено.

Все это порождает существенные трудности в практической работе по проектированию и строительству, проведению экспертизы проектной документации, осуществлению строительного контроля и государственного надзора. В результате разрабатываются и применяются

специальные технические условия на проектирование и строительство конкретных объектов, подготовка, согласование и утверждение которых требуют значительных затрат времени и средств и которые фактически замещают действующие нормативные документы.

Текущие действия государственного регулятора в области технического регулирования в строительстве

В 2015 г. Минстроем России начата системная работа в области технического регулирования, включая разработку и реализацию трехлетней программы по реформированию системы технического нормирования. Выполнение соответствующих работ поручено Минстроем России Федеральному центру нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве с привлечением крупнейших в стране центров фундаментальных и прикладных исследований в области строительства, обладающих опытом разработки нормативных технических и методических документов, и с участием Технического комитета по стандартизации ТК 465 «Строительство». Введены новый порядок разработки и утверждения сводов правил и актуализации министерством ранее утвержденных документов и Методика расчета стоимости их разработки, экспертизы и подготовки к утверждению.

В рамках исполнения государственного задания до конца 2017 г. будут пересмотрены действующие своды правил и актуализированы строительные нормы и правила в объеме, необходимом для преодоления существующего отставания и устранения выявленных дублирований и противоречий по результатам проводимого на регулярной основе мониторинга, разработаны новые своды правил в соответствии с потребностями отрасли (в общей сложности 380 нормативных технических документов).

В конце 2015 г. утверждены 22 свода правил, разработанные по поручениям Правительства Российской Федерации, в том числе с уточненными климатическими параметрами и общим сейсмическим районированием, применяемым при проектировании и строительстве на территории Республики Крым, уточненными требованиями, предъявляемыми к проектированию зданий и сооружений по обеспечению доступности для инвалидов жилых помещений, объектов социальной, инженерной и транспортной инфраструктур. В первой редакции разработано 102 свода правил.

Полностью выполнен Минстроем России план 2015 г. по разработке стандартов в рамках программы национальной стандартизации. Прошли публичное обсуждение, подготовлены к утверждению и зарегистрированы в Росстандарте 87 национальных и межгосударственных стандартов. Разработано 20 окончательных редакций и 124 первых редакций, из них 54 – в целях прямого введения ссылочных европейских стандартов к Еврокодам.

Проводится регулярная методическая и разъяснительная работа по вопросам технического нормирования в сфере строительства, внедрена автоматизированная информационная система технического нормирования и оценки соответствия в строительстве.

В целях совершенствования законодательно-правовой и методической базы проводимых работ по совершенствованию нормативной деятельности в строительстве проводилась работа по подготовке к утверждению проекта тех-

нического регламента Евразийского экономического союза (ЕАЭС) «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий». Этот проект разрабатывался как технический регламент Таможенного союза Минрегионом России с участием соответствующих органов управления строительством Республики Беларусь и Республики Казахстан и представлен в установленном порядке в Евразийскую экономическую комиссию (ЕЭК). Проект рассматривался в аппарате ЕЭК, выносился на дополнительное обсуждение сторон, был уточнен в связи с подписанием Договора о Евразийском экономическом союзе и повторно в соответствии с поручением Правительства Российской Федерации был представлен в ЕЭК в октябре 2015 г. в качестве проекта технического регламента ЕАЭС. В 2015 г. в соответствии с поручением Правительства Российской Федерации Минстроем России был подготовлен также законопроект о внесении изменений в Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Указанные проекты предусматривают, что для соблюдения требований этих регламентов будут применяться на обязательной основе национальные строительные нормы (или, соответственно, строительные нормы ЕАЭС) со сводами правил по проектированию и строительству и национальными (межгосударственными) стандартами, применяемыми на добровольной основе. Таким образом, предусматривается систематизировать и упростить виды применяемых в строительстве нормативных документов, привести их к единой форме и упорядочить их разработку, что создаст условия для исключения противоречий и несогласованности в документах, облегчит пользование ими.

В качестве механизма, обеспечивающего непротиворечивость и согласованность требований нормативных документов, утверждаемых различными органами власти, предусматривается организация их системной разработки, проведение взаимных согласований проектов документов и внесение согласованных и утвержденных документов в единый реестр.

Но именно основные принципиальные положения проектов указанных документов вызвали дискуссию между федеральными ведомствами и отраслевыми объединениями.

В ряду возражений звучат следующие мнения:

– предлагаемые изменения вводят в строительство новый вид нормативных документов – обязательные строительные нормы, непредусмотренные законодательством, т. е. те акты, в которые и предлагается внести изменения;

– создается «автономная система нормативных документов в строительстве, действующая вне национальной системы стандартизации (при том, что сама национальная система стандартизации Федеральным законом № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» выведена за рамки технического регулирования, а в ее состав не включены даже такие признанные законодательством документы по стандартизации, как своды правил);

– предлагаемые изменения противоречат международной и европейской практике, согласно которой требования по проектированию и строительству регламентируются в международных, европейских и национальных стандартах, а также не соответствуют в той же части Соглашению ВТО о технических барьерах в торговле и Договору о Евразийском экономическом союзе.

В очередной раз, как и при разработке Федерального закона «О техническом регулировании», при разработке Соглашения Таможенного союза о техническом регулировании и положений Договора о ЕАЭС не учитываются особенности технического регулирования строительной отрасли в отличие от требований, применяемых в отношении промышленной продукции.

На самом деле наличие обязательных нормативных документов в строительной сфере является характерной особенностью технического регулирования как для Российской Федерации и государств – членов ЕАЭС и СНГ, так и для других развитых зарубежных государств. Это объективная закономерность, обусловленная характером строительного производства, особенностями организации процесса создания строительных объектов, их высокой социальной и экономической значимостью. В различных странах обязательные нормативные документы по строительству существуют в различной форме. Например, в Великобритании, Франции, Финляндии это – нормативные документы, утверждаемые министерствами, ответственными за градостроительную деятельность; в ФРГ – земельные строительные правила, основанные на типовых правилах федерального уровня; в США и Канаде – строительные коды соответствующих штатов; в Китае – документы, по своему содержанию и форме похожие на строительные нормы и правила советского периода. Но несмотря на различия в форме и содержании, вызванные национальными традициями, различными природно-климатическими условиями и возможностями экономики, *все обязательные нормативные документы разных стран направлены на решение одних и тех же задач: обеспечение надежности и безопасности в строительстве, соблюдение законных интересов и прав пользователей продукции строительства и повышение ее эффективности.* Добровольные документы различных видов – национальные стандарты, своды правил и др. применяются в рамках требований обязательных строительных норм. Именно таким образом и предлагается строить работу по техническому нормированию строительства согласно подготовленному проекту изменений в Федеральный закон № 384-ФЗ и проекту технического регламента ЕАЭС.

Что касается Соглашения ВТО о технических барьерах в торговле, которым действительно не предусматриваются строительные нормы, то Соглашение распространяется только на объекты международной торговли – промышленную и сельскохозяйственную продукцию и не устанавливает требований к нормативным документам на здания и сооружения.

Основные задачи развития нормативно-технического регулирования строительства

В качестве основной задачи в области технического регулирования строительства на ближайшую перспективу видится необходимым формирование на современных, международно-признанных методических принципах строительного нормирования, достижениях науки и передовой практики системы нормативных документов в строительстве в составе 50–60 обязательных строительных норм обобщающего характера и 300–450 сводов правил по проектированию и строительству, развивающих требования этих норм и предназначенных для применения на добровольной основе, а также необходимых национальных стандартов.

Как представляется, это должна быть единая для всех отраслей хозяйства страны система взаимосвязанных документов, комплексное применение которых должно обеспечивать наиболее эффективное выполнение требований законодательства и технических регламентов к зданиям и сооружениям в сфере безопасности, а также способствовать решению других практических задач развития строительства. Необходимость системного подхода к формированию нормативной базы проектирования и строительства обусловлена тем, что все объекты капитального строительства – жилые, общественные и производственные здания, автомобильные и железные дороги, мосты и тоннели, трубопроводы, объекты энергетики, городского хозяйства и другие строительные сооружения – это все взаимосвязанные объекты градостроительной деятельности, формирующие единую среду жизнедеятельности, требования к строительству которых должны устанавливаться согласованно на общей технической и методической основе.

Предусматривается, что обязательные строительные нормы не должны копировать ранее существующие строительные нормы и правила, а должны содержать минимально необходимые и достаточные требования к эксплуатационным характеристикам зданий и сооружений, обеспечивающие их надежность и долговечность, механическую, пожарную, санитарно-эпидемиологическую и экологическую безопасность при различных природных и техногенных воздействиях, безопасность от несчастных случаев и несанкционированного проникновения, доступность для маломобильных групп населения, энергоэффективность и рациональное использование ресурсов, сохранение архитектурного исторического наследия.

Применяемые на добровольной основе своды правил по проектированию и строительству должны содержать в первую очередь проверенные на практике способы выполнения обязательных требований к эксплуатационным характеристикам зданий и сооружений, производству и применению в строительстве материалов и изделий, отвечающих этим требованиям, методы выполнения необходимых испытаний и измерений при контроле и оценке соответствия.

Разработка нормативных документов системы должна осуществляться на основе достижений науки и техники, передового производственного опыта с учетом требований их гармонизации с европейскими нормами (стандартами) и другими зарубежными стандартами, а при целесообразности – прямого применения зарубежных стандартов, отвечающих условиям Российской Федерации.

Являясь в целом объектами градостроительной деятельности, здания и сооружения имеют определенное функциональное назначение, в соответствии с которым входят в сферу компетенции соответствующих федеральных и территориальных органов исполнительной власти, включая органы государственного надзора. В соответствии с предоставленными им правами органы исполнительной власти разрабатывают проекты технических регламентов, нормативные правовые акты и нормативные документы, так или иначе участвующие в формировании общей нормативной технической базы проектирования и строительства или являющиеся ее составной частью. Такая совместная работа многих органов управления и их подведомственных организаций требует согласованных действий и координации со стороны единого органа исполнительной власти, профессионально занимающегося вопросами техническо-

го регулирования строительства, наделенного необходимыми правами и несущего определенную ответственность. В поручениях Правительства Российской Федерации по вопросам издания обязательных требований в области проектирования и строительства одним федеральным органом исполнительной власти и обеспечения взаимной согласованности нормативных технических требований документов различных федеральных органов в этой сфере таким органом определен Минстрой России как федеральный орган исполнительной власти, на который возложены функции по разработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере градостроительной деятельности, строительства и архитектуры. Пути решения имеющихся проблем намечены в указанном выше проекте Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Ближайшая задача Минстроя России как регулятора отрасли и других участников разработки законопроекта найти выход из в значительной мере искусственно созданных противоречий, обеспечить завершение разработки законопроекта и его дальнейшее продвижение в соответствии с установленным порядком в увязке с решениями, которые будут приниматься по утверждению соответствующего технического регламента ЕАЭС.

Принятие изменений в технический регламент № 384-ФЗ позволит обеспечить последовательное формирование системы нормативных документов в строительстве, упростить порядок разработки документов и правила их применения для соблюдения требований регламентов, максимально со-

кратить нестыковки и несогласованность требований документов различных органов власти.

Вместе с тем нельзя не признать, что возможности технических регламентов как документов технического характера по законодательному регулированию правоотношений, в том числе в сфере развития нормативной базы проектирования и строительства, достаточно ограничены.

В связи с этим возникает следующая задача – создание полноценной, не раздробленной по отдельным актам законодательной базы технического регулирования капитального строительства, соответствующей его социальной значимости и степени влияния на развитие экономики страны, содержание и организацию работ в этой сфере деятельности.

Представляется, что такого рода законодательная база должна быть создана в составе основного законодательного акта по строительству – Градостроительного кодекса Российской Федерации. Градостроительный кодекс в его действующей редакции содержит ряд положений по формам и методам проведения работ по оценке соответствия зданий и сооружений, предъявляемым к ним нормативным требованиям. Но при этом в Кодексе практически отсутствуют положения по организации нормативной деятельности и требования в целом к нормативной базе проектирования и строительства. Восполнение этих пробелов позволило бы в будущем создать цельную законодательную основу технического регулирования строительства, объединяющую требования законодательного характера в этой сфере в одном законодательном акте – Градостроительном кодексе Российской Федерации.

Крым Стройиндустрия Энергосбережение

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

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

2016
Осень
27-29 октября
г. Симферополь,
ул. Киевская, 115,
ДКП

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

 **ФОРУМ**
КРЫМСКИЕ
ВЫСТАВКИ

УДК 697.137.2

В.Г. ГАГАРИН¹, д-р техн. наук, член-корр. РААСН (gagarinv@yandex.ru),
В.В. КОЗЛОВ¹, канд. техн. наук (kozlov.v2@yandex.ru);
К.П. ЗУБАРЕВ², инженер (zubarevkill93@mail.ru)

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

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

Анализ расположения зоны наибольшего увлажнения в ограждающих конструкциях с различной толщиной теплоизоляционного слоя

Проведено обоснование метода определения положения плоскости наибольшего увлажнения в ограждающих конструкциях. Для вывода расчетных формул использован потенциал влажности. Данным методом выполнено исследование расположения зоны максимального увлажнения стены из кладки из газобетонных блоков с фасадной системой с тонким штукатурным слоем при различной толщине теплоизоляции. Получено, что при толщине теплоизоляции, превышающей 37 см, максимум влажности находится во внутреннем слое газобетона. Данное явление предложено называть эффектом переутепления.

Ключевые слова: энергосбережение, влажностный режим, защита от переувлажнения, плоскость максимального увлажнения, эффект переутепления, фасад с тонким штукатурным слоем.

V.G. GAGARIN¹, Doctor of Sciences (Engineering) (gagarinv@yandex.ru), V.V. KOZLOV¹, Candidate of Sciences (Engineering) (kozlov.v2@yandex.ru);
K.P. ZUBAREV², Engineer (zubarevkill93@mail.ru)

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

² Moscow state university of civil engineering (National Research University) (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Analysis of the Area's Location of Maximum Moisture in the Wall System with Different Thickness of Insulation Layer

The paper presents substantiation of the method of the determining the plan of the maximum moisture in the wall system. The potential moisture has been used for deriving the calculation formulas. The study of the area's location of the maximum moisture of the masonry walls of aerated concrete blocks with a facade system with thin plaster layer with different thickness of insulation has been done with this method. It has been found, that when the thickness in the insulation exceeds 37 cm, the maximum moisture is in the inner layer of aerated concrete. This phenomenon has been suggested to call «overheating effect».

Keywords: moisture conditions; excessive moisture protection; maximum moisture; overheating effect, facade with thin plaster layer.

При проведении актуализации СП 50.13330.2012¹⁾ было внесено изменение в методику расчета защиты от переувлажнения ограждающих конструкций: введен метод определения расположения плоскости максимального увлажнения в ограждающей конструкции впервые предложенный в 2004 г. [1]. Затем он был опробован в альтернативном нормативном документе²⁾. В [2] показана применимость этого метода для ограждающих конструкций с фасадными теплоизоляционными композиционными системами с наружным штукатурным слоем. Настоящая статья посвящена рассмотрению теоретического обоснования этого метода и анализу влияния толщины теплоизоляционного слоя на расположение плоскости максимального увлажнения в таких ограждающих конструкциях.

Методика расчета расположения плоскости наибольшего увлажнения

Методика расчета [1] и СП 50.13330.2012 заключается в следующем. Для каждого слоя многослойной ограждающей

щей конструкции вычисляется значение комплекса $f_i(t_{m,y.})$, характеризующего температуру в плоскости максимального увлажнения:

$$f_i(t_{m,y.}) = 5330 \cdot \frac{R_{o,n}(t_g - t_{n,omp})}{R_o^{yca}(e_g - e_{n,omp})} \cdot \frac{\mu_i}{\lambda_i}, \quad (1)$$

где R_o^{yca} – условное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт; $R_{o,n}$ – сопротивление паропроонианию ограждающей конструкции, м²·ч·Па/мг; t_g – средняя температура внутреннего воздуха, °С; $t_{n,omp}$ – средняя температура наружного воздуха за период с отрицательными среднемесячными температурами, °С; e_g – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па; $e_{n,omp}$ – парциальное давление водяного пара наружного воздуха за период с отрицательными среднемесячными температурами, Па; μ_i – коэффициент паропроониаемости материала i -го слоя, мг/(м·ч·Па); λ_i – коэффициент теплопроводности материала i -го слоя, Вт/(м²·°С).

По полученным значениям комплекса $f_i(t_{m,y.})$ по табл. 11 СП 50.13330.2012 определяется температура плоскости мак-

¹⁾ СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003».

²⁾ СТО 17532043-001–2005. Нормы теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и оценки энергоэффективности зданий. Стандарт организации. РНТО строителей. М. 2006. С. 46.

симального увлажнения, $t_{м.у.в}$ для каждого слоя многослойной конструкции. Плоскость максимального увлажнения всей конструкции – это плоскость максимального увлажнения в одном из слоев конструкции. В п. 8.5 СП 50.13330.2012 описана процедура нахождения этой плоскости.

Данный метод обоснован положениями теории потенциала влажности F [1, 3, 4].

Применяемый потенциал влажности материалов в конструкции

Метод нахождения плоскости максимального увлажнения в конструкции основан на использовании потенциала влажности. В данном случае применяется потенциал влажности F , разработанный в [1, 3, 4] как функция влажности и температуры материала, определяемая формулой:

$$F(w, T) = \frac{10^3}{\mu} \int_0^w \beta(\zeta) d\zeta + E(T)\varphi(w), \quad (2)$$

где $F(w, T)$ – потенциал влажности, зависящий от влажности и температуры, Па; w – влажность материала, кг/кг; T – температура, К; μ – паропроницаемость материала, мг/(м·ч·Па); β – коэффициент влагопроводности материала, г/(м·ч·кг/кг); E – давление насыщенного водяного пара, Па; φ – относительная влажность воздуха или относительное давление водяного пара в порах материала, доли единицы.

Этот потенциал удобен тем, что позволяет единообразно учесть диффузию водяного пара, перенос жидкой влаги и фильтрацию воздуха в материалах конструкции. Данные, необходимые для расчета потенциала F , получаются по стандартным методикам измерений коэффициентов паропроницаемости¹, влагопроводности² и теплопроводности³. Таким образом, при работе с потенциалом F можно использовать банк данных по характеристикам материалов, накопленный за предыдущие десятилетия.

Практическое использование потенциала F в расчетах аналогично использованию парциального давления водяного пара, но позволяет единообразно проводить расчеты как в сорбционной зоне увлажнения материалов конструкции, так и в зоне сверхсорбционного увлажнения. При этом данный потенциал в отличие от многих других потенциалов влажности, например [6, 7 и др.], учитывает различную энергию связи влаги со скелетом материала в указанных зонах увлажнения материалов. Именно для этих целей и была предложена и развита В.Н. Богословским в начале 1950-х гг. сама идея потенциала влажности [5].

Особенную простоту данный потенциал влажности обеспечивает при расчете стационарного распределения влажности, которому соответствует большинство упрощенных методов расчета, входящих в нормативные документы. В стационарном случае, в отсутствие фильтрации воздуха, уравнение влагопереноса в конструкции записывается через потенциал F следующим образом:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = 0. \quad (3)$$

Очевидно, что решением такого уравнения является линейная функция:

¹ По методике ГОСТ 25898–2012 «Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницаанию».

² По методике ГОСТ Р 56504–2015 «Материалы строительные. Методы определения коэффициентов влагопроводности».

³ По методике ГОСТ 7076–99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме».

$$F = Ax + B, \quad (4)$$

где A и B – константы, определяемые из граничных условий и условий на стыках материалов, Па/м и Па соответственно.

В уравнении (4) константа A равна градиенту потенциала F . Отсюда следует, что $\mu \cdot A$ представляет собой удельный поток влаги в размерности мг/(м²·ч). В многослойных ограждающих конструкциях решение уравнения (3) является кусочно-линейным.

Раздел СП «Защита от переувлажнения» строится на расчете влагопереноса именно в стационарных условиях, учитывающих лишь паропроницаемость строительных материалов. Однако следует иметь в виду, что необходимо учитывать перемещение и сверхсорбционной влаги в материалах. Одним из узких мест данного подхода, применяемого в нормативных документах, являлся выбор плоскости конденсации, относительно которой составлялся баланс влаги в ограждающей конструкции и для которой и проводилась проверка отсутствия переувлажнения материалов. Использование потенциала F позволяет найти точное местоположение плоскости максимального увлажнения в рамках применяемой модели.

Метод расчета расположения плоскости максимального увлажнения

Очевидно, чтобы найти плоскость максимального увлажнения, необходимо на чертеже разреза ограждающей конструкции найти точки, в которых производная влажности по координате равна нулю, а также точки, функция влажности которых имеет разрывы. Использование потенциала F позволяет получать такие точки, не находя самого распределения влажности по толщине конструкции, что значительно упрощает расчет.

Рассмотрим производную потенциала F по координате x :

$$\frac{\partial F}{\partial x} = \frac{\partial F}{\partial w} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial x}. \quad (5)$$

Выделим производную влажности по координате:

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \frac{\frac{\partial F}{\partial x} - \frac{\partial F}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial x}}{\frac{\partial F}{\partial w}}. \quad (6)$$

Чтобы найти координаты точек (плоскостей), в которых $\frac{\partial w}{\partial x} = 0$, необходимо решить следующее уравнение:

$$\frac{\partial F}{\partial x} - \frac{\partial F}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial x} = 0. \quad (7)$$

Зависимость потенциала F от координаты задается уравнением (4), а от температуры – уравнением (2). Следовательно, (7) можно преобразовать с использованием (2) и (4):

$$A - \varphi(w) \frac{\partial E}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial x} = 0. \quad (8)$$

Распределение температуры по толщине ограждения в стационарном одномерном случае дается формулой:

$$T = T_n + \frac{T_e - T_n}{R_o^{yct} \lambda(x)} x, \quad (9)$$

где R_o^{yct} – условное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м²·°C)/Вт; T_e и T_n – температура внутреннего и наружного воздуха соответственно, °C; $\lambda(x)$ – коэффициент теплопроводности материала слоя ограждающей конструкции (в пределах однородного слоя ограждающей конструкции принимается постоянным), Вт/(м·°C).

Для определения $\partial E/\partial T$ нельзя применять различные формулы, использующие аппроксимацию зависимости $E(T)$ в форме многочленов различных степеней, поскольку аппроксимируется производная функции E . Поэтому используется полумпирическое выражение [4], полученное на основании уравнения Клапейрона – Клаузиуса [4]:

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{T}\right). \quad (10)$$

После подстановки формул (9) и (10) и преобразований уравнение (8) принимает вид:

$$A - \Phi \frac{5330}{T^2} E \frac{T_e - T_n}{R_o \lambda} = 0. \quad (11)$$

Первый член в формуле (11) представляет собой градиент потенциала влажности в слое материала конструкции, а второй – градиент потенциала влажности при постоянной влажности, т. е. вызываемый перепадом температуры. Их разница – изотермический градиент потенциала влажности, который позволяет найти распределение влажности в слоях конструкции.

Для определения расположения места наибольшего увлажнения члены уравнения (11) группируются таким образом, чтобы все зависящие от конструкции и граничных условий величины оказались справа.

$$\frac{T^2}{E} = \frac{(T_e - T_n)}{R_o^{yct} A} \cdot \frac{5330}{\lambda}. \quad (12)$$

Фактически в левой части уравнения (12) стоит комплексная физическая величина для водяного пара в атмосфере с определенным давлением. Для нашего случая стандартного атмосферного давления эта величина зависит только от температуры. Для удобства пользования формулой (12) зависимость T^2/E от температуры протабулирована в табл. 1.

В СП 50.13330.2012 приводится аналогичная таблица, но с другой частотой шага и другими пределами.

В стационарных условиях поток влаги, проходящий через конструкцию, найти проще, чем распределение влажности по ограждающей конструкции в целом. Поэтому предлагается при начальном анализе конструкции находить поток влаги и далее по формуле (12) и табл. 1 находить координату максимума влажности.

В общем случае возможны два варианта граничных условий, что приводит к двум различным формулам, описывающим поток влаги через конструкцию. Однако проверка конструкции на переувлажнение по СП 50.13330.2012 предполагает относительно сухую конструкцию (в противном случае конструкция не пройдет проверку), кроме того, весь остальной метод расчета в СП учитывает только диффузию водяного пара. В связи с этим один из вариантов, соответствующий сверхсорбционному увлажнению наружного края конструкции и высокой влажности конструкции в целом,

Таблица 1
Зависимость величины T^2/E от температуры

$t, ^\circ\text{C}$	$T^2/E, \text{K}^2/\text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$T^2/E, \text{K}^2/\text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$T^2/E, \text{K}^2/\text{Па}$
-30	1554	-12	313,9	6	83,25
-27	1187	-9	245,4	9	69,27
-24	898,6	-6	193,2	12	57,89
-21	682,8	-3	153,15	15	48,65
-18	520,2	0	121,98	18	41,03
-15	403,4	3	100,36	21	34,74

можно не рассматривать. После этого формула для потока влаги через конструкцию упрощается и можно перейти к нахождению координаты максимума влажности в конструкции:

$$\frac{T^2}{E} = 5330 \frac{R_o^n (T_e - T_n)}{R_o^{yct} (F_e - F_n)} \cdot \frac{\mu}{\lambda}. \quad (13)$$

В условиях, для которых проводится проверка конструкции на переувлажнение по СП 50.13330.2012, потенциал F равен просто соответствующему парциальному давлению водяного пара наружного и внутреннего воздуха. И для использования предлагаемого метода не приходится вводить дополнительных понятий. В окончательном виде правая часть выражения (13) принимает вид, приведенный в формуле (1).

В п. 8.5 СП 50.13330.2012 приведен алгоритм нахождения плоскости максимального увлажнения, предполагающий последовательный перебор всех слоев конструкции. Однако этот перебор можно значительно сократить, так как изменение влажности слоев конструкции происходит упорядоченно и описанный выше метод позволяет судить о направлении изменения влажности в конструкции. При рассмотрении какого-либо из слоев конструкции возможны три варианта: первый – температура плоскости максимального увлажнения, $t_{m,y,i}$, достигается в рассматриваемом слое, значит, максимум влажности найден; второй – температура плоскости максимального увлажнения рассматриваемого слоя выше его реальной температуры, следовательно, плоскость максимального увлажнения расположена с теплой стороны от рассматриваемого слоя; третий – температура плоскости максимального увлажнения рассматриваемого слоя ниже его реальной температуры, значит, плоскость максимального увлажнения расположена с холодной стороны от рассматриваемого слоя. В подавляющем большинстве современных ограждающих конструкций плоскость максимального увлажнения расположена либо в слое эффективного утеплителя, либо в соседнем слое. Поэтому если начать проверку не с края конструкции, а со слоя эффективного утеплителя и в случае отсутствия в нем плоскости максимального увлажнения продолжить проверку с той стороны, на которую укажет температура плоскости максимального увлажнения, можно обойтись проверкой только двух слоев практически для любой конструкции, независимо от реального количества слоев в ней.

Применение метода для определения зоны максимального увлажнения в ограждающей конструкции с фасадной системой

По описанной методике были проведены расчеты расположения плоскости максимального увлажнения для конструкций стен с повышенным уровнем тепловой защиты. В качестве примера ниже приведены результаты расчетов

Таблица 2
Расчитанные значения координаты плоскости максимального увлажнения в ограждающей конструкции при увеличении толщины утеплителя от 0,37 до 0,66 м – эффект переутепления ограждающей конструкции

№ п/п	Толщина утеплителя, м	Расстояние от слоя сопряжения минеральной ваты и газобетона до плоскости максимального увлажнения в газобетоне, м
1	0,4	0,027
2	0,45	0,073
3	0,5	0,123
4	0,55	0,176
5	0,6	0,231
6	0,65	0,289

для конструкции стены отапливаемого здания в климатических условиях января для Москвы, выполненной из газобетонных блоков с фасадной теплоизоляционной системой с тонким штукатурным слоем. С внутренней стороны стена оштукатурена цементно-песчаным раствором. В качестве утеплителя фасадной системы принимались плиты из каменной минеральной ваты различной толщины.

Толщина теплоизоляционного слоя варьировалась от 0,1 до 0,5 м. Получено, что плоскость максимального увлажнения при малой толщине слоя утеплителя приходится на стык слоев утеплителя и наружного штукатурного слоя фасадной системы. Однако при достижении толщины утеплителя 37 см плоскость максимального увлажнения смещается в основание конструкции и остается там при дальнейшем увеличении толщины утеплителя (табл. 2). Таким образом, проявляется эффект, который предложено называть эффектом переутепления ограждающей конструкции.

«Эффект переутепления» объясняется тем, что при увеличении толщины утеплителя градиент потенциала влажности F в слое минеральной ваты снижается и его величины становится недостаточно, чтобы обеспечить перенос влаги через слой минеральной ваты от границы с газобетоном до наружной штукатурки. Поэтому влага скапливается в слое газобетона и ее максимум достигается внутри этого слоя вплоть до внутренней поверхности ограждающей.

Неоправданно большая толщина утеплителя в ограждающих конструкциях, доходящая до 0,4–0,5 м, применяется в «пассивных» домах. Наряду с некоторым энергосберегающим эффектом большая толщина слоя теплоизоляционного материала приводит и к негативным последствиям, в частности к повышению влажности материалов. Olof Hagersedt и Lars-Erik Harderup [3] отмечают это явление в «пассивных» деревянных домах, построенных в Швеции. Методика российского СП 50.13330.2012 позволяет прогнозировать такое сложное явление, как эффект переутепления.

Заключение

Приведено теоретическое обоснование методики расчета определения плоскости максимального увлажнения СП 50.13330.2012. Такая методика является инженерной и позволяет получать результаты без сложных расчетов по специальным программам для ЭВМ в отличие от известных методов, применяемых в России [7–10] и за рубежом [6, 12, 13, 14]. В качестве примера использования методики СП приведены результаты определения зоны максимального увлажнения для стены с фасадом с тонким штукатурным

слоем. Описан эффект переутепления данной ограждающей конструкции, который имеет важное практическое значение при анализе эксплуатационных свойств «пассивных» домов. Этот эффект получил обоснование в рамках представленной теории. Дальнейшее развитие теории, основанной на потенциале влажности F , позволит получить количественные оценки влажности материалов в зоне максимального увлажнения.

Список литературы

1. Козлов В.В. Метод инженерной оценки влажностного состояния современных ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты при учете паропроницаемости, теплопроводности и фильтрации воздуха. Дис. ... канд. техн. наук. М., 2004. 24 с.
2. Гагарин В.Г., Зубарев К.П., Козлов В.В. Определение зоны наибольшего увлажнения в стенах с фасадными теплоизоляционными композиционными системами с наружными штукатурными слоями // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2016. № 1 (54). С. 125–132.
3. Гагарин В.Г. История развития теории потенциала влажности до и после В.Н. Богословского. В кн.: Богословский В.Н. Основы теории потенциала влажности материала применительно к наружным ограждениям оболочки зданий / Под ред. В.Г. Гагарина. М., 2013. С. 55–74.
4. Гагарин В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. Дис. ... д-ра техн. наук. М., 2000. 396 с.
5. Богословский В.Н. Основы теории потенциала влажности материала применительно к наружным ограждениям оболочки зданий / Под ред. В.Г. Гагарина. М., 2013. 112 с.
6. Künzel H.M. Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation des Doktor-Ingenieurs. Stuttgart. 1994. 68 p.
7. Перехоженцев А.Г., Груздо И.Ю. Исследование диффузии влаги в пористых строительных материалах // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. Строительство и архитектура*. 2014. Вып. 35 (54). С. 116–120.
8. Пастушков П.П., Павленко Н.В., Коркина Е.В. Использование расчетного определения эксплуатационной влажности теплоизоляционных материалов // *Строительство и реконструкция*. 2015. № 4 (60). С. 168–172.
9. Пастушков П.П., Жеребцов А.В. Об эффективности применения экструдированного пенополистирола в ограждающих конструкциях первых и цокольных этажей // *Строительные материалы*. 2015. № 7. С. 68–71.
10. Пастушков П.П., Гринфельд Г.И., Павленко Н.В., Беспалов А.Е., Коркина Е.В.. Расчетное определение эксплуатационной влажности автоклавного газобетона в различных климатических зонах строительства // *Вестник МГСУ*. 2015. № 2. С. 60–69.
11. Hagersedt S. Olof, Harderup Lars-Erik. Control of moisture safety design by comparison between calculations and measurement in passive house walls made of wood. *XII DBMC. International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Porto, Portugal, April 12th–15th,

- 2011.
- Гагарин В.Г., Козлов В.В. О требованиях к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // *Вестник МГСУ*. 2011. № 7. С. 59–66.
 - Hägerstedt O. Calculations and field measurements method in wood framed houses, Department of Building Physics, Lund University, Report TVBH-XXXX, 2010, In press.
 - Hägerstedt O. & Arvidsson J. Comparison of Field measurements and Calculations of relative humidity and Temperature in Wood Framed Walls. Thermophysics 2010. Conference proceedings, Bruno University of Technology, Faculty of Chemistry 2010.
 - Sandberg K., Pousette A., Dahlquist S. Wireless in situ measurements of moisture content and temperature in timber constructions. *XII DBMC – Conference proceedings*. Porto, Portugal. 2011.

References

- Kozlov V.V. Engineering assessment of moisture condition of modern wall structures with increased heat-insulating level accounting for vapor permeability, moisture conductivity and air filtration. *Doct. Diss. (Engineering)*. Moscow, 2004. 24 p. (In Russian).
- Gagarin V.G., Zubarev K.P., Kozlov V.V. Determination of the maximum moisture zone in the walls with facade insulation composite systems with external plaster layers. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2016. No. 1 (54), pp. 125–132. (In Russian).
- Gagarin V.G. Istoriya razvitiya teorii potentsiala vlazhnosti do i poslele V.N. Bogoslovskogo. V kn. Bogoslovskii V.N. Osnovi teoriih potentsialov vlazhnosti materiala primenitelno k naruzhnym ograzhdeniyam obolochki zdaniy [The history of the development of the theory of building humidity before and after Bogoslovskiy V.N. In the book Basics humidity potential theory of the material applied to the outer shell of buildings guards. Bogoslovskiy V.N.]. Monograph edited V.G. Gagarina. M. 2013, pp. 55–74.
- Gagarin V.G. The theory of the state and the transfer of moisture in building materials and thermal insulation properties of building envelopes. *Doctor Diss. (Engineering)*. Moscow. 2000. 396 p.
- Bogoslovskiy V.N. Osnovy teorii potentsiala vlazhnosti materiala primenitel'no k naruzhnym ograzhdeniyam obolochki zdaniy: monografiya [Fundamentals of material potential moisture theory used in wall structures]. Moscow: MGSU Publ. 2013. 112 p. (In Russian).
- Künzel H.M. Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. *Dissertation des Doktor-Ingenieurs*. Stuttgart. 1994. 68 S.
- Perekhozhentsev A.G., Gruzdo I.Yu. Investigation of moisture diffusion in porous building materials. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2014. Vol. 35, pp. 116–120. (In Russian).
- Pastushkov P.P., Pavlenko NV, Sorokin EV Using the calculated determination of the operational humidity of thermal insulation materials. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2015. No. 4 (60), pp. 168–172. (In Russian).
- Pastushkov P.P., Stallions A.V. About efficiency of using extruded foam polystyrene in enclosing structures of first and socle floors. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2015. No. 7, pp. 68–71. (In Russian).
- Pastushkov P.P., Grinfel'd G.I., Pavlenko N.V., Bespalov A.E., Korkina E.V. Theoretical calculation of moisture in autoclaved aerated concrete in different climatic construction zones. *Vestnik MGSU*. 2015. No. 2, pp. 60–69. (In Russian).
- Hagersedt S. Olof, Harderup Lars-Erik. Control of moisture safety design by comparison between calculations and measurement in passive house walls made of wood. *XII DBMC. International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Porto, Portugal, April 12th–15th, 2011.
- Gagarin V.G., Kozlov V.V. Thermal protection and energy efficiency requirements in SNiP «Thermal protection of buildings». *Vestnik MGSU*. 2011. No. 7, pp. 59–66. (In Russian).
- Hägerstedt O. Calculations and field measurements method in wood framed houses, Department of Building Physics, Lund University, Report TVBH-XXXX, 2010, In press.
- Hägerstedt O. & Arvidsson J. Comparison of Field measurements and Calculations of relative humidity and Temperature in Wood Framed Walls. Thermophysics 2010. Conference proceedings, Bruno University of Technology, Faculty of Chemistry 2010.
- Sandberg K., Pousette A., Dahlquist S. Wireless in situ measurements of moisture content and temperature in timber constructions. *XII DBMC – Conference proceedings*. Porto, Portugal. 2011.

**XVIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ОСЕННИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ФОРУМ**

**2016
КАЗАНЬ**

13-16 сентября

XVIII специализированная выставка
ЖИЛИЩЕ

X специализированная выставка
**ИНЖЕНЕРНЫЕ
КОММУНИКАЦИИ
ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ**

Выставочный центр "Казанская ярмарка"
Россия, 420059 г. Казань, Оренбургский тракт, 8
т./ ф.: (843) 570-51-07, 570-51-11, e-mail: c4@expokazan.ru
www.expohouse.ru, www.expokazan.ru

УДК 699.86:69.003

Е.Г. МАЛЯВИНА, канд. техн. наук (email@list.ru)

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

Выявление экономически целесообразной теплозащиты наружных ограждений трехэтажного здания

Проведено сравнение совокупных дисконтированных затрат в различных вариантах утепления здания детского сада во Владимире. Сравнению подвергнуты варианты теплозащиты ограждающих конструкций здания, соответствующие, во-первых, табл. 3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»; во-вторых, уменьшенной теплозащите до разрешенных величин по тому же СП и, в-третьих, при увеличенной в два раза толщине утеплителя по сравнению с первым вариантом. При традиционном подходе к обоснованию необходимой толщины утеплителя в наружных ограждениях в разных вариантах учитываются стоимости только утеплителя и затраты на теплоту для отопления. В предлагаемой работе сравнение выполнено при учете единовременных вложений на утепление здания, систему отопления, присоединение к тепловым сетям, ежегодных затрат на тепловую энергию и амортизацию оборудования. Стоимость электроэнергии на перемещение теплоносителя в системе отопления и стоимость присоединения к электросети пока приняты несущественными.

Ключевые слова: приведенное сопротивление теплопередаче, система отопления, тепловая энергия, совокупные дисконтированные затраты.

E.G. MALYAVINA, (email@list.ru)
National Research Moscow State University of Civil Engineering
(26, Yaroslavl Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Revealing of Economic Reasonability of Heat Insulation of Three-Storey Building's External Enclosing Structures

Comparison of total discounted costs for various variants of the heat insulation of the kindergarten in Vladimir is made. Comparison is made for variants of the heat protection of the building's enclosing structures corresponding, at first, to Table 3 SP 50.13330.2012 "Heat Protection of Buildings", secondly, to the heat protection reduced to permitted values according to the mentioned SP, and, thirdly, when the heat insulation thickness is increased by two times comparing with the first option. The traditional approach to the substantiation of the required thickness of heat insulation of external enclosing structures in various options takes into account only the cost of the heat insulator and expenditures for heat for heating. In this work, the comparison is made with due regard for one-time investments in the building heat insulation, the heating system, joining the heat networks, annual expenditures for heat energy and equipment amortization. The cost of power energy for heat carrier transfer in the heating system and the cost of joining the electric network are adopted, for the time being, as irrelevant.

Keywords: reduced resistance to heat transfer, heating system, heat energy, total discounted costs.

Вопросам теплозащиты зданий в настоящее время уделяется много внимания [1–6]. Увеличение приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций сверх норм, представленных в табл. 3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» по данным [7, 8], неэффективно. Такой вывод делается на основании сравнения затрат на утепление зданий с выгодой, получаемой от снижения потребности в тепловой энергии на отопление. В настоящей статье сделана попытка расширить подход к обоснованию толщины утеплителя и показать, что на нее оказывают влияние и другие экономические показатели проекта.

Так как в зданиях небольшого объема на 1 м² отапливаемой площади приходится большая поверхность теплозащитной оболочки, такие здания особо чувствительны к требованиям теплозащиты, поэтому в качестве примера в статье рассмотрено небольшое здание.

Технико-экономическое сравнение вариантов различного утепления выполнено для здания детского дошкольного учреждения на 300 мест. Здание трехэтажное, отдельно

стоящее, сложной формы, с устройством внутреннего дворового пространства, с отапливаемым техническим подпольем расположено во Владимире.

Район строительства имеет следующие климатические характеристики по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»:

– расчетная температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 92% равна -28°C;

– средняя температура отопительного периода (периода с температурой наружного воздуха меньше и равной +10°C) -2,6°C, продолжительность 230 сут.

Расчетная температура внутреннего воздуха 21°C.

Были рассмотрены следующие варианты сопротивления теплопередаче наружных стен и бесчердачных покрытий здания:

– вариант 1 – базовые значения по табл. 3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;

– вариант 2 – по п. 5.2 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», т. е. с применением коэффициента 0,63 к базовому сопротивлению теплопередаче наружной стены и коэффициента 0,8 – покрытия по отношению к варианту 1;

Таблица 1

Характеристика	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
	стена	перекрытие	стена	перекрытие	стена	перекрытие
Сопrotивление теплопередаче, м ² ·°C/Вт	3,3	4,9	2,01	3,76	4,5	9,4
Толщина, м	0,11	0,21	0,03	0,16	0,22	0,42
Стоимость, р.	627275	765975	171075	583600	1254550	1531950

– вариант 3 – при увеличенной в 2 раза по сравнению с базовым вариантом 1 толщине утеплителя.

В качестве экономического показателя, дающего наиболее полную оценку вариантам утепления, приняты совокупные дисконтированные затраты (СДЗ) при средней норме дисконта 10%. На стоимость проекта наиболее значимое влияние оказывают составляющие, принятые к дальнейшему рассмотрению:

- толщина утеплителя и его стоимость;
- мощность системы отопления и ее стоимость;
- стоимость присоединения к тепловой сети (зависящая от мощности системы отопления);
- сезонные затраты тепловой энергии на отопление здания и ее годовая стоимость;
- амортизационные отчисления на восстановление системы отопления, зависящие в конечном итоге от мощности системы.

Стоимость электроэнергии на перемещение теплоносителя в системе отопления и стоимость присоединения к электросети в рассматриваемом примере приняты несущественными, однако, в дальнейшем это следует проверить.

В табл. 1 показаны значения приведенного сопротивления теплопередаче и толщины утеплителя в рассматриваемых вариантах, а также стоимости утеплителя при его цене с учетом транспорта и монтажа в 2500 р./м³ и площади стен 2281 м², покрытий – 1459 м².

В расчете принято сопротивление теплопередаче покрытия 9,4 м²·°C/Вт чисто в исследовательских целях и не свидетельствует о рекомендациях принимать такое утепление покрытий в средней полосе России.

При реально существующих в настоящее время ценах системы отопления 20 тыс. р./кВт мощности системы; 11522 р./кВт присоединяемой к тепловой сети мощности систем; 1,25 р./кВт·ч тепловой энергии получены стоимости основ-

ных составляющих совокупных дисконтированных затрат, которые представлены в табл. 2.

Интересно отметить, что увеличение толщины утеплителя в 2 раза приводит к сокращению потребления тепловой энергии всего на 28,8%. Из анализа данных табл. 2 следует, что это увеличение приводит к незначительному экономическому эффекту по сравнению с утеплением здания по базовому варианту 1. Однако надо учесть, что расчет выполнен при одинаковой цене утепления за 1 м³ утеплителя. На практике более толстые слои утеплителя создают большую нагрузку на элементы крепления к основному слою стены и требуют больших финансовых затрат на монтаж. Поэтому выгоду в 3,7% следует отнести к лежащей в пределах точности расчета.

Если же взять более дешевую систему отопления с ценой 5 тыс. р./кВт мощности, то результаты, приведенные в табл. 3, свидетельствуют о целесообразности теплозащиты по варианту табл. 3 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Снижение теплозащиты до минимальных норм, установленных в п. 5.2 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», приводит к перерасходу финансовых средств в здании небольшого объема на 17,4% при системе отопления с ценой 5 тыс. р./кВт мощности системы и на 25,5% при цене системы отопления 20 тыс. р./кВт.

Данные табл. 3 показывают, что усиление теплозащиты в 2 раза по сравнению с базовым вариантом приводит к перерасходу финансовых средств на 8,4%. Такой результат, так же как и результат табл. 2, подтверждает выводы [7, 8] о нецелесообразности увеличения утепления по сравнению с базовым вариантом даже для зданий небольшого объема. Расчетом установлено, что СДЗ базового варианта 1 и 3 (при усиленной теплозащите) уравниваются при цене системы отопления 13 тыс. р./кВт мощности системы.

Таблица 2

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Общая стоимость утеплителя, р.	1393250	754675	2208501
Мощность системы отопления, кВт	155	222	110
Стоимость системы отопления, р.	3100000	4434113	2208501
Стоимость присоединения к тепловым сетям, р.	1785899	2554476	1272309
Капитальные затраты, р.	6279149	7743264	6267310
Затраты теплоты на отопление за год, кВт·ч	412085	589429	293577
Эксплуатационные расходы на теплоту, р./г	514 405	733 783	366 472
Годовые амортизационные отчисления, р./г	673988	778318	779250
Суммарные эксплуатационные расходы, р./г	1188392	1514101	1115722
СДЗ за 15 лет, р.	35226403	44214908	34037524

Таблица 3

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Общая стоимость утеплителя, р.	1393250	754675	2208501
Мощность системы отопления, кВт	155	222	110
Стоимость системы отопления, р.	775000	1108528	553125
Стоимость присоединения к тепловым сетям, р.	1785899	2554476	1272309
Капитальные затраты, р.	3954149	2554476	4610934
Затраты теплоты на отопление за год, кВт·ч	412085	589429	293577
Эксплуатационные расходы на теплоту, р./г	514405	733783	366472
Годовые амортизационные отчисления, р./г	325238	279480	500794
Суммарные эксплуатационные расходы, р./г	839642	1015264	867266
СДЗ за 10 лет, р.	23637775	27639010	25781558
СДЗ за 15 лет, р.	43194971	50711188	46816200

Выводы.

1. На совокупные дисконтированные затраты большое влияние оказывают стоимость системы отопления, стоимость присоединения системы к тепловой сети и амортизационные расходы, которые обычно не учитываются в технико-экономических обоснованиях эффективности определенной теплозащиты здания.

2. Важно, что значительное увеличение стоимости системы отопления (в 4 раза) работает на требование усилить теплозащиту незначительно.

3. Уменьшение толщины утеплителя до минимальных норм по п. 5.2 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» нецелесообразно, так как, несмотря на снижение доли стоимости утеплителя в капитальных затратах, возрастает мощность и стоимость системы отопления и, следовательно, доля капитальных затрат, необходимых на присоединение системы отопления к тепловой сети. В эксплуатационных затратах увеличиваются затраты на тепловую энергию, которые не компенсируются снижением стоимости амортизации.

Список литературы

1. Данилов Н.Д., Собакин А.А., Федотов П.А. Выбор оптимального утепления стыка стен с цокольным перекрытием каркасно-монолитных зданий с проветриваемыми подпольями // *Жилищное строительство*. 2016. № 3. С 49–52.
2. Самарин О.Д., Насонова Е.О. Исследование зависимости теплотехнической однородности наружных ограждений от геометрических характеристик здания // *Жилищное строительство*. 2016. №1–2. С. 19–22.
3. Жеребцов А.В. Оценка фактора удельных потерь теплоты групп узлов наружных фасадных ограждающих конструкций с теплоизоляционным слоем из ПЕНОПЛЭКС® // *Жилищное строительство*. 2015. № 8. С 18–23.
4. Шеина С.Г., Мартынова Е.В. Оценка потенциала энергосбережения в жилищном фонде муниципального образования // *Жилищное строительство*. 2015. № 8. С. 28–31.
5. Вытчиков Ю.С. Сапарев М.Е. Повышение теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций зданий и сооружений культурного исторического наследия // *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. № 3. С. 52–55.
6. Черноиван В.Н., Новосельцев В.Г., Черноиван Н.В. Техническое состояние конструктивных слоев утепленных наружных стен эксплуатируемых зданий // *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. № 4. С. 37–39.
7. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Теплозащита и энергоэффективность в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // *Инженерные системы. АВОК Северо-Запад*. 2012. № 1. С. 10–16.
8. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Перспективы повышения энергетической эффективности жилых зданий в России // *Энергия, экономика, техника, экология*. 2012. № 5. С. 25–32.

References

1. Danilov N.D., Sobakin A.A., P.A.Fedotov A.A. Selection of optimal insulation of a wall joint with basement overlapping of frame-monolithic buildings with ventilated underground. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 3, pp. 49–52. (In Russian).

2. Samarin O.D., Nasonova O.E. The study of dependence of thermotechnical uniformity of external enclosures on geometrical adjectives of buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 1–2, pp. 19–22. (In Russian).
3. Zherebtsov A.V. Assessment of specific heat losses factor of groups of joints of external enclosing structures with a heat insulation layer of PENOPLEX®. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 8, pp.18–23. (In Russian).
4. Sheina S.G., Martynova E.V. Assessment of energy saving potential of housing stock of a municipal formation. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 8, pp. 28–31. (In Russian).
5. Vytchikov Ju.S., Saparev M.E. Increase of thermal protection characteristics of the construction building enclosing structures and historical cultural heritage objects. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. 2014. No. 4, pp. 52–55. (In Russian).
6. Chernoiivan V.N., Novoseltsev V.G., Chernoiivan N.V. Technical state of construction layers of the heat performed exterior walls of operating buildings. *Promyshlennoye I grazhdanskoye stroitel'stvo*. 2014, No. 4, pp. 37–39. (In Russian).
7. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Thermal performance and power efficiency in the draft actualized edition of SNiP Thermal protection of the buildings. *Inzhenernye sisyemy. AVOK. Severo-Zapad*. 2012. No. 1, pp. 10–16. (In Russian).
8. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Prospects of the power efficiency increase of residential buildings in Russia. *Energiya, ekonomika, tekhnika, ekologiya*. 2012. No. 5, pp. 25–32. (In Russian).

**Крым
Стройиндустрия
Энергосбережение**

**2016
Осень**
27-29 октября
г. Симферополь,
ул. Киевская, 115,
ДКП

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

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

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

ФОРУМ
КРЫМСКИЕ
ВЫСТАВКИ

УДК 624

Н.И. КАРПЕНКО, д-р техн. наук (niisf_lab9@mail.ru), С.Н. КАРПЕНКО, д-р техн. наук
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, Россия, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

Построение физических соотношений для расчета железобетонных конструкций при объемном напряженном состоянии с учетом физической нелинейности материалов

Рассматривается построение связей между напряжениями и деформациями, а также их приращениями (в инкрементальном виде) для железобетонных элементов при объемных напряженных состояниях (при трехосном сжатии, а также различных случаях сжатия-растяжения), работающих без трещин. Физические соотношения для расчета объемных элементов с трещинами рассмотрены авторами ранее. Армирование элементов осуществляется объемным каркасом, арматурные стержни которого располагаются вдоль трех ортогональных осей x, y, z . Каждое направление стержней характеризуется коэффициентом армирования μ_{si} ($i = x, y, z$). Бетон представляется как нелинейный ортотропный материал, оси ортотропии которого совпадают с направлениями главных напряжений. Физические соотношения, установленные в осях главных напряжений, затем преобразовываются к осям x, y, z . При рассмотрении совместной работы бетона и арматуры вводятся два условия: первое – условие равенства относительных продольных деформаций арматуры и бетона в осях x, y, z ; второе – условие равенства касательных напряжений в арматуре и бетоне в осях x, y, z .

Ключевые слова: напряжения, относительные деформации, приращения, объемное напряженное состояние, бетон, арматура, железобетон, физические соотношения, матрицы жесткости.

N.I. KARPENKO, Doctor of Sciences (Engineering) (niisf_lab9@mail.ru), S.N. KARPENKO, Doctor of Sciences (Engineering)
Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences (RAACS)
(21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

The Construction of Physical Relations for Account of Reinforced Concrete Structures under Triaxial Stress State Taking into Account of Physical Nonlinearity of Materials

Examines the construction of relations between stresses and deformations along with their increments (in incremental form), for reinforced concrete elements under volumetric stress states (triaxial compression as well as different cases of compression-tension), running without any cracks. Physical equations for the calculation of the volumetric elements with cracks are considered by the authors earlier. The reinforcement of the elements are made of bulky frames, reinforcing bars which are placed along three orthogonal axes x, y, z . Each direction of the reinforcing bars is characterized by the coefficient of reinforcement μ_{si} ($i = x, y, z$). Concrete is represented as a nonlinear orthotropic material orthotropic axes of which coincides with the directions of the principal stresses. Physical relationships established in the axes of principal stresses, then are transformed to the axes x, y, z . When considering the joint work of concrete and reinforcement are introduced under two conditions: 1) the condition of equality of relative longitudinal deformation of reinforcement and concrete in axes x, y, z ; 2) the condition of equality of shearing stresses in the reinforcement and the concrete in axes x, y, z .

Keywords: stress, relative deformations, increments, the volume stress state, concrete, reinforcement, reinforced concrete, physical relationships, the stiffness matrix.

Исходные предпосылки. Рассматривается армирование бетонных элементов в виде некоторых объемных каркасов, арматурные стержни которого располагаются вдоль трех ортогональных осей x, y, z с определенными шагами a_x, a_y, a_z (рис. 1).

При этом каждое направление i ($i = x, y, z$) будет характеризоваться коэффициентом армирования μ_{si} , который равен площади стержней A_i , приходящихся на единицу площади площадки, проведенной нормально к этому направлению стержней; в результате:

$$\mu_{sx} = \frac{A_x}{a_y a_z}; \quad \mu_{sy} = \frac{A_y}{a_x a_z}; \quad \mu_{sz} = \frac{A_z}{a_x a_y}, \quad (1)$$

где A_x, A_y, A_z – площади стержней, направленных соответственно вдоль осей x, y, z .

При рассмотрении совместной работы бетона и арматуры вводятся следующие предпосылки:

– продольные относительные деформации арматуры ($\varepsilon_{sx}, \varepsilon_{sy}, \varepsilon_{sz}$) и бетона ($\varepsilon_{bx}, \varepsilon_{by}, \varepsilon_{bz}$) равны между собой и равны относительным продольным деформациям ($\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$) железобетонного элемента, т. е.:

$$\varepsilon_{bi} = \varepsilon_{si} = \varepsilon_i \quad (i = x, y, z); \quad (2)$$

– касательные напряжения в бетоне ($\tau_{bxy}, \tau_{byz}, \tau_{bzx}$) и арматуре ($\tau_{sxy}, \tau_{syz}, \tau_{syz}$) равны между собой и равны касательным напряжениям ($\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$) железобетонного элемента (рис. 2), т. е.:

$$\tau_{bij} = \tau_{sij} = \tau_{ij} \quad (ij = xy, yz, zx); \quad (3)$$

– сдвиговые деформации железобетонного элемента ($\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$) формируются из сдвиговых деформаций бетона

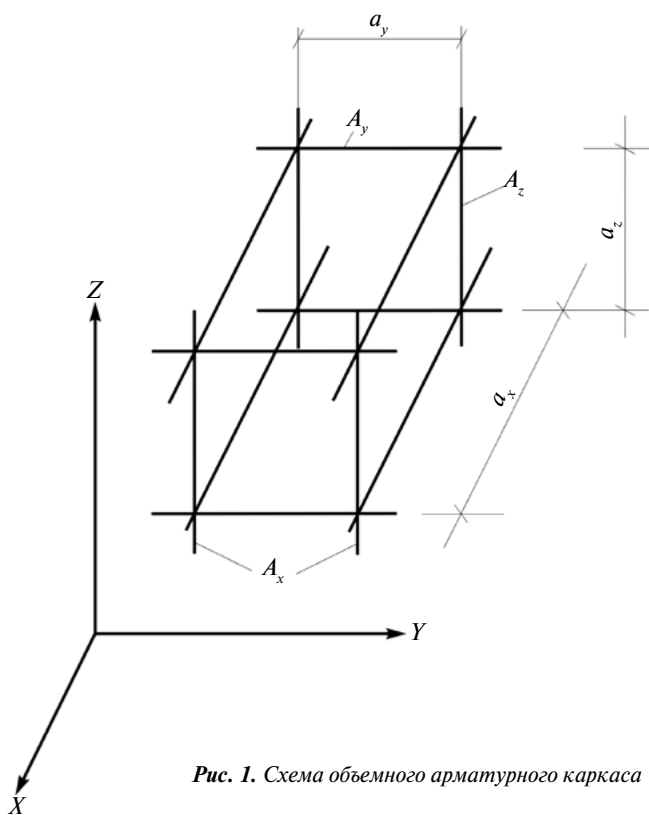


Рис. 1. Схема объемного арматурного каркаса

($\gamma_{bxy}, \gamma_{byz}, \gamma_{bzx}$) и сдвиговых деформаций арматуры ($\gamma_{sxy}, \gamma_{syz}, \gamma_{syz}$), умноженных на соответствующие коэффициенты армирования:

$$\gamma_{sxy}(\mu_{sx} + \mu_{sy}), \quad \gamma_{syz}(\mu_{sy} + \mu_{sz}), \quad \gamma_{syz}(\mu_{sz} + \mu_{sx}); \quad (4)$$

– нормальные напряжения в железобетонном элементе ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$) формируются из нормальных напряжений бетона ($\sigma_{bx}, \sigma_{by}, \sigma_{bz}$) и нормальных напряжений в арматуре (σ_{sx}, σ_{sy} ,

σ_{sz}), умноженных на соответствующие коэффициенты армирования.

Используемые характеристики бетона. Бетон рассматривается как ортотропный материал, оси ортотропии которого совпадают с осями главных напряжений $\sigma_{b1}, \sigma_{b2}, \sigma_{b3}$. Связи между главными напряжениями ($\sigma_{b1}, \sigma_{b2}, \sigma_{b3}$) и главными деформациями ($\epsilon_{b1}, \epsilon_{b2}, \epsilon_{b3}$) согласно [1, 2] записываются в виде:

$$\begin{Bmatrix} \epsilon_{b1} \\ \epsilon_{b2} \\ \epsilon_{b3} \\ \gamma_{b12} \\ \gamma_{b23} \\ \gamma_{b31} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{b11} & C_{b12} & C_{b13} & 0 & 0 & 0 \\ C_{b12} & C_{b22} & C_{b23} & 0 & 0 & 0 \\ C_{b13} & C_{b23} & C_{b33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & G_{b12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & G_{b23} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & G_{b31} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_{b1} \\ \sigma_{b2} \\ \sigma_{b3} \\ \tau_{b12} \\ \tau_{b23} \\ \tau_{b31} \end{Bmatrix} \quad (5)$$

или

$$\{\epsilon_b\}_n = [C_b]_n \{\sigma_b\}_n \quad (5^*)$$

В главных осях $\gamma_{b12}, \gamma_{b23}$ и γ_{b31} вводятся, чтобы сохранить стандартные матричные преобразования при переходе от осей главных напряжений к общим осям x, y, z .

Для дальнейших построений необходимо преобразовывать соотношения (5) к декартовым осям x, y, z , вдоль которых располагаются стержни арматурного каркаса. Эти преобразования согласно, например, [2] выполняются по формулам:

$$\{\epsilon_b\}_x = [\alpha]^T [C_b]_n [\alpha] \{\sigma_b\}_x = [C_b]_x \{\sigma_b\}_x, \quad [C_b]_x = [\alpha]^T [C_b]_n [\alpha], \quad (6)$$

где $\{\epsilon_b\}_x = \{\epsilon_{bx}, \epsilon_{by}, \epsilon_{bz}, \gamma_{bxy}, \gamma_{byz}, \gamma_{bzx}\}^m$; $\{\sigma_b\}_x = \{\sigma_{bx}, \sigma_{by}, \sigma_{bz}, \tau_{bxy}, \tau_{byz}, \tau_{bzx}\}^m$; $[\alpha]$ – матрица направляющих косинусов между осями x, y, z (1, 2, 3) и главными осями n, m, l (1, 2, 3):

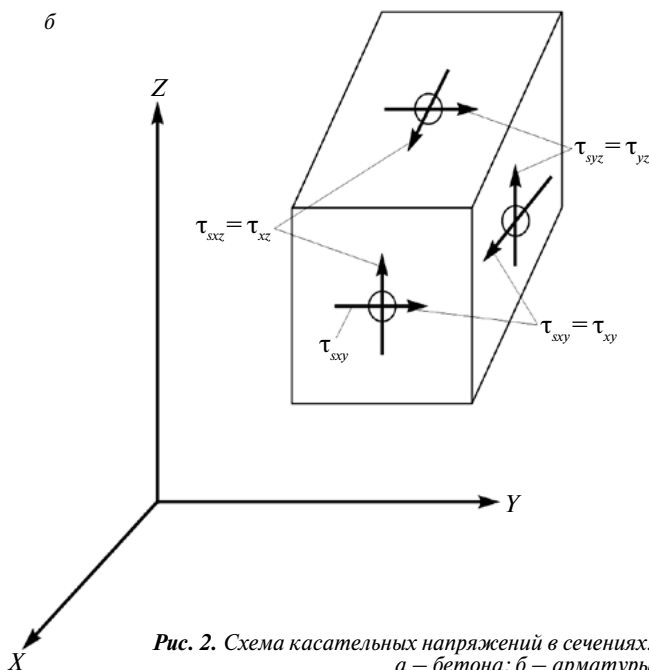
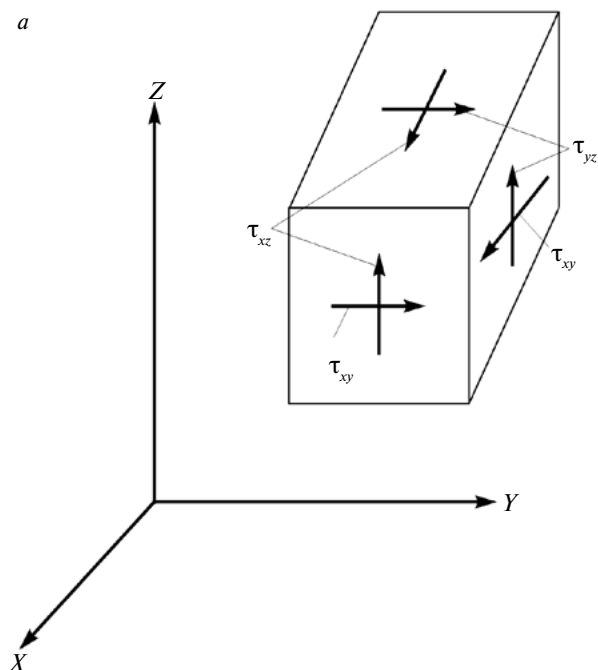


Рис. 2. Схема касательных напряжений в сечениях:
а – бетона; б – арматуры

$$[\alpha] = \begin{bmatrix} l_{11}^2 & l_{12}^2 & l_{13}^2 & 2l_{11}l_{12} & 2l_{12}l_{13} & 2l_{11}l_{13} \\ l_{21}^2 & l_{22}^2 & l_{23}^2 & 2l_{21}l_{22} & 2l_{22}l_{23} & 2l_{23}l_{21} \\ l_{31}^2 & l_{32}^2 & l_{33}^2 & 2l_{31}l_{32} & 2l_{32}l_{33} & 2l_{33}l_{31} \\ l_{11}l_{21} & l_{12}l_{22} & l_{13}l_{23} & l_{11}l_{22} + l_{12}l_{21} & l_{12}l_{23} + l_{13}l_{22} & l_{13}l_{21} + l_{11}l_{23} \\ l_{21}l_{31} & l_{22}l_{32} & l_{23}l_{33} & l_{21}l_{32} + l_{22}l_{31} & l_{22}l_{33} + l_{23}l_{32} & l_{23}l_{31} + l_{21}l_{33} \\ l_{31}l_{11} & l_{32}l_{12} & l_{33}l_{13} & l_{31}l_{12} + l_{32}l_{11} & l_{32}l_{13} + l_{33}l_{12} & l_{33}l_{11} + l_{31}l_{13} \end{bmatrix} \cdot (7)$$

Вектор столбы напряжений и деформаций в главных осях n, m, l и осях x, y, z связываются зависимостями:

$$\begin{cases} \{\epsilon_b\}_x = [\alpha]^T \{\epsilon\}_n; \\ \{\sigma_b\}_x = [\alpha]^{-1} \{\sigma_b\}_n; \end{cases} \quad (8)$$

В развернутом виде соотношения (6) будут иметь вид:

$$\begin{Bmatrix} \epsilon_{bx} \\ \epsilon_{by} \\ \epsilon_{bz} \\ \gamma_{bxy} \\ \gamma_{byz} \\ \gamma_{bzx} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{b11} & C_{b12} & C_{b13} & C_{b14} & C_{b15} & C_{b16} \\ C_{b12} & C_{b22} & C_{b23} & C_{b24} & C_{b25} & C_{b26} \\ C_{b13} & C_{b23} & C_{b33} & C_{b34} & C_{b35} & C_{b36} \\ C_{b14} & C_{b24} & C_{b34} & C_{b44}^* & C_{b45} & C_{b46} \\ C_{b15} & C_{b25} & C_{b35} & C_{b45} & C_{b55}^* & C_{b56} \\ C_{b16} & C_{b26} & C_{b36} & C_{b46} & C_{b56} & C_{b66}^* \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \sigma_{bx} \\ \sigma_{by} \\ \sigma_{bz} \\ \tau_{bxy} \\ \tau_{byz} \\ \tau_{bzx} \end{Bmatrix}, \quad (6^*)$$

где коэффициенты C_{bij} в (6*) определяются через значения коэффициентов C_{bij} системы (5) по формулам преобразования (6).

Учет влияния касательных напряжений в арматуре на жесткость железобетонного элемента. Вывод физических соотношений для железобетонного элемента сводится к двум последовательным операциям.

Сначала учитываем влияние касательных напряжений в арматуре и сдвиговых деформаций в ней на параметры податливости бетонного элемента.

Согласно исходным предпосылкам:

$$\begin{cases} \gamma_{xy} = \gamma_{bxy} + \gamma_{sxy}(\mu_x + \mu_y); \\ \gamma_{yz} = \gamma_{byz} + \gamma_{syz}(\mu_y + \mu_z); \\ \gamma_{zx} = \gamma_{bzx} + \gamma_{szx}(\mu_z + \mu_x). \end{cases} \quad (9)$$

Деформации сдвига арматуры определяются по формулам:

$$\gamma_{sxy} = \frac{\tau_{xy}}{G_{sxy}}; \quad \gamma_{syz} = \frac{\tau_{yz}}{G_{syz}}; \quad \gamma_{szx} = \frac{\tau_{zx}}{G_{szx}}, \quad (10)$$

где $G_{sij} = \frac{E_{si}\mu_i + E_{sj}\mu_j}{(\mu_i + \mu_j)(1 + \mu_s)}$ – модули сдвига арматуры; $ij = xy, yz, zx$, E_{si}, E_{sj} – модули деформации арматуры; $\mu_s \approx 0,2$ – коэффициент поперечной деформации арматуры).

Три первые строки (6*) остаются без изменения. Внося значения $\gamma_{bxy}, \gamma_{byz}, \gamma_{bzx}$ из (6*) и значения $\gamma_{sxy}, \gamma_{syz}, \gamma_{szx}$ из (10) в (9) и учитывая (3), получим изменения трех последних строк (6*). В результате связи между напряжениями и деформациями (6*) бетонного элемента с учетом поправок (3), (9) (условно приведенного бетонного элемента) можно записать в виде:

$$\begin{Bmatrix} \epsilon_{bx} \\ \epsilon_{by} \\ \epsilon_{bz} \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{b11} & C_{b12} & C_{b13} & C_{b14} & C_{b15} & C_{b16} \\ C_{b12} & C_{b22} & C_{b23} & C_{b24} & C_{b25} & C_{b26} \\ C_{b13} & C_{b23} & C_{b33} & C_{b34} & C_{b35} & C_{b36} \\ C_{b14} & C_{b24} & C_{b34} & C_{b44}^* & C_{b45} & C_{b46} \\ C_{b15} & C_{b25} & C_{b35} & C_{b45} & C_{b55}^* & C_{b56} \\ C_{b16} & C_{b26} & C_{b36} & C_{b46} & C_{b56} & C_{b66}^* \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \sigma_{bx} \\ \sigma_{by} \\ \sigma_{bz} \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} \quad (11)$$

или (в сокращенном виде):

$$\{\epsilon_b\}_x = [C_b^*]_x \{\sigma_b\}_x, \quad (11^*)$$

где

$$\{\epsilon_b\}_x = \{\epsilon_{bx}, \epsilon_{by}, \epsilon_{bz}, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}\}^T; \quad \{\sigma_b\}_x = \{\sigma_{bx}, \sigma_{by}, \sigma_{bz}, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}\}^T, \quad (12)$$

C_{bij}^* ($ii = 44, 55, 66$) коэффициенты податливости сдвиговым, деформациям бетона с учетом влияния арматуры на эти деформации:

$$\begin{cases} C_{b44}^* = C_{b44} + \frac{1}{G_{sxy}}(\mu_x + \mu_y); \\ C_{b55}^* = C_{b55} + \frac{1}{G_{syz}}(\mu_y + \mu_z); \\ C_{b66}^* = C_{b66} + \frac{1}{G_{szx}}(\mu_z + \mu_x). \end{cases} \quad (13)$$

Остальные коэффициенты C_{bij} в матрице (11) равны аналогичным коэффициентам матрицы (6*), они определяются согласно преобразованиям (6).

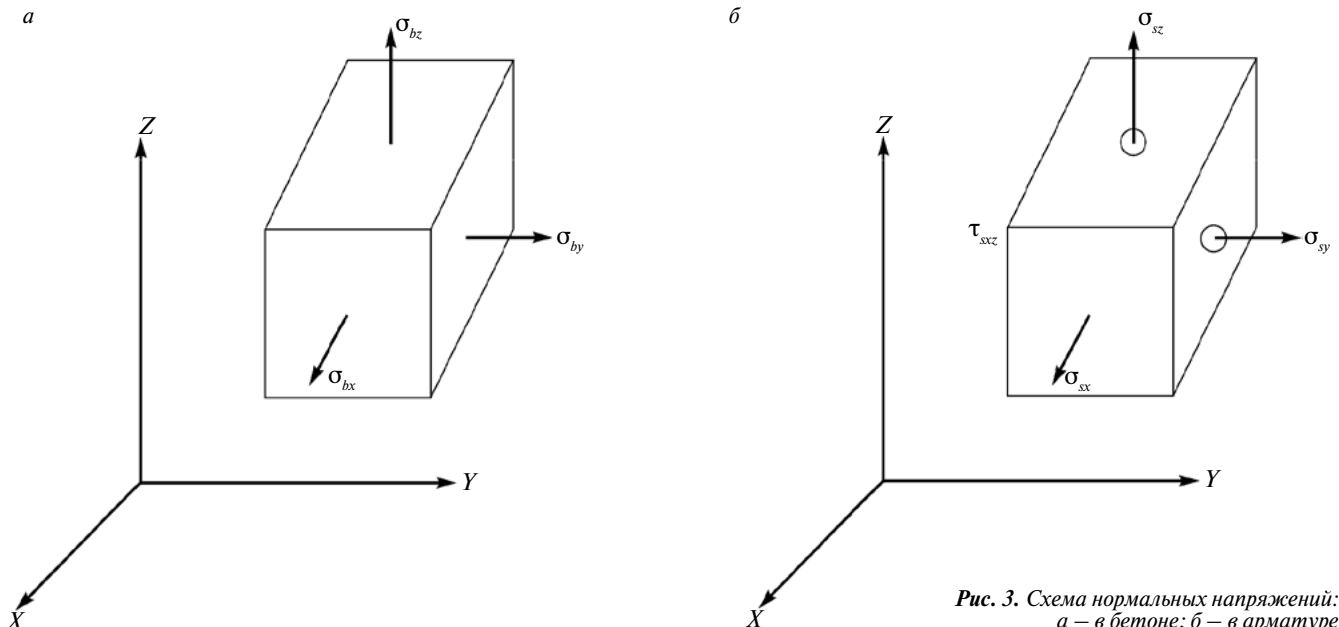


Рис. 3. Схема нормальных напряжений: а – в бетоне; б – в арматуре

Для дальнейших операций необходимо соотношения (11*) представить в виде:

$$\{\sigma_b^*\}_x = [C_b^*]^{-1} \{\varepsilon_b^*\}_x = [d_b^*]_x \cdot \{\varepsilon_b^*\}_x, \quad (14)$$

или в развернутом виде:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{bx} \\ \sigma_{by} \\ \sigma_{bz} \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{b11}^* & d_{b12}^* & d_{b13}^* & d_{b14}^* & d_{b15}^* & d_{b16}^* \\ d_{b12}^* & d_{b22}^* & d_{b23}^* & d_{b24}^* & d_{b25}^* & d_{b26}^* \\ d_{b13}^* & d_{b23}^* & d_{b33}^* & d_{b34}^* & d_{b35}^* & d_{b36}^* \\ d_{b14}^* & d_{b24}^* & d_{b34}^* & d_{b44}^* & d_{b45}^* & d_{b46}^* \\ d_{b15}^* & d_{b25}^* & d_{b35}^* & d_{b45}^* & d_{b55}^* & d_{b56}^* \\ d_{b16}^* & d_{b26}^* & d_{b36}^* & d_{b46}^* & d_{b56}^* & d_{b66}^* \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_{bx} \\ \varepsilon_{by} \\ \varepsilon_{bz} \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix}, \quad (15)$$

где d_{bij}^* – коэффициенты жесткости бетонного элемента, вычисленные с учетом влияния арматуры на сдвиги.

Вывод окончательных физических соотношений для железобетонного элемента. Общие нормальные напряжения в железобетонном элементе будут складываться из напряжений в бетоне и приведенных напряжений в арматуре:

$$\sigma_x = \sigma_{bx} + \sigma_{sx} \mu_{sx}; \quad \sigma_y = \sigma_{by} + \sigma_{sy} \mu_{sy}; \quad \sigma_z = \sigma_{bz} + \sigma_{sz} \mu_{sz}. \quad (16)$$

Учитывая равенство (2) продольных относительных деформаций арматуры и бетона и совпадение их с общими деформациями бетона, можно записать:

$$\sigma_x = \sigma_{bx} + \varepsilon_x \mu_{sx} E_{sx}; \quad \sigma_y = \sigma_{by} + \varepsilon_y \mu_{sy} E_{sy}; \quad \sigma_z = \sigma_{bz} + \varepsilon_z \mu_{sz} E_{sz} \quad (17)$$

или, учитывая значения, представленные в (15), а также равенства:

$$\varepsilon_{bx} = \varepsilon_x; \quad \varepsilon_{by} = \varepsilon_y; \quad \varepsilon_{bz} = \varepsilon_z, \quad (18)$$

соотношения (17) с учетом последних трех строк (15) можно представить в виде:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} & d_{15} & d_{16} \\ d_{12} & d_{22} & d_{23} & d_{24} & d_{25} & d_{26} \\ d_{13} & d_{23} & d_{33} & d_{34} & d_{35} & d_{36} \\ d_{14} & d_{24} & d_{34} & d_{44} & d_{45} & d_{46} \\ d_{15} & d_{25} & d_{35} & d_{45} & d_{55} & d_{56} \\ d_{16} & d_{26} & d_{36} & d_{46} & d_{56} & d_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} \quad (19)$$

или (в сокращенном виде):

$$\{\sigma\}_x = [d]_x \cdot \{\varepsilon\}_x, \quad (19^*)$$

где

$$\begin{aligned} d_{11} &= d_{b11}^* + \mu_{sx} E_s; & d_{22} &= d_{b22}^* + \mu_{sy} E_s; & d_{33} &= d_{b33}^* + \mu_{sz} E_s; \\ d_{b12}^* &= d_{12}; & d_{b13}^* &= d_{13}; & d_{b14}^* &= d_{14}; & d_{b15}^* &= d_{15}; & d_{b16}^* &= d_{16}; & d_{b23}^* &= d_{23}; \\ d_{b24}^* &= d_{24}; & d_{b25}^* &= d_{25}; & d_{b26}^* &= d_{26}; & d_{b34}^* &= d_{34}; & d_{b35}^* &= d_{35}; & d_{b36}^* &= d_{36}; \\ & & d_{b45}^* &= d_{45}; & d_{b46}^* &= d_{46}; & d_{b56}^* &= d_{56}. \end{aligned} \quad (20)$$

Таким образом, получена полная система физических соотношений для железобетонного элемента с учетом влияния арматуры на продольные и сдвиговые деформации, которые являются основными факторами повышения жесткости железобетонного элемента.

Вывод физических соотношений в инкрементальном виде (в приращениях). Развивается методика построения инкрементальных соотношений, предложенная в [3] для плоского напряженного состояния. Рассмотрим соотношения (19) для двух рядов расположенных ступеней нагружения: i и $i+1$. При этом всем величинам, входящим в (19), присваивается нижний индекс i или $i+1$. В результате:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{xi} \\ \sigma_{yi} \\ \sigma_{zi} \\ \tau_{xyi} \\ \tau_{yzi} \\ \tau_{zxi} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11i} & d_{12i} & d_{13i} & d_{14i} & d_{15i} & d_{16i} \\ d_{12i} & d_{22i} & d_{23i} & d_{24i} & d_{25i} & d_{26i} \\ d_{13i} & d_{23i} & d_{33i} & d_{34i} & d_{35i} & d_{36i} \\ d_{14i} & d_{24i} & d_{34i} & d_{44i} & d_{45i} & d_{46i} \\ d_{15i} & d_{25i} & d_{35i} & d_{45i} & d_{55i} & d_{56i} \\ d_{16i} & d_{26i} & d_{36i} & d_{46i} & d_{56i} & d_{66i} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_{xi} \\ \varepsilon_{yi} \\ \varepsilon_{zi} \\ \gamma_{xyi} \\ \gamma_{yzi} \\ \gamma_{zxi} \end{Bmatrix}; \quad (21)$$

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{xi+1} \\ \sigma_{yi+1} \\ \sigma_{zi+1} \\ \tau_{xyi+1} \\ \tau_{yzi+1} \\ \tau_{zxi+1} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11i+1} & d_{12i+1} & d_{13i+1} & d_{14i+1} & d_{15i+1} & d_{16i+1} \\ d_{12i+1} & d_{22i+1} & d_{23i+1} & d_{24i+1} & d_{25i+1} & d_{26i+1} \\ d_{13i+1} & d_{23i+1} & d_{33i+1} & d_{34i+1} & d_{35i+1} & d_{36i+1} \\ d_{14i+1} & d_{24i+1} & d_{34i+1} & d_{44i+1} & d_{45i+1} & d_{46i+1} \\ d_{15i+1} & d_{25i+1} & d_{35i+1} & d_{45i+1} & d_{55i+1} & d_{56i+1} \\ d_{16i+1} & d_{26i+1} & d_{36i+1} & d_{46i+1} & d_{56i+1} & d_{66i+1} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_{xi+1} \\ \varepsilon_{yi+1} \\ \varepsilon_{zi+1} \\ \gamma_{xyi+1} \\ \gamma_{yzi+1} \\ \gamma_{zxi+1} \end{Bmatrix}. \quad (22)$$

Обозначим:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_x &= \sigma_{xi+1} - \sigma_{xi}; & \Delta\sigma_y &= \sigma_{yi+1} - \sigma_{yi}; & \Delta\sigma_z &= \sigma_{zi+1} - \sigma_{zi}; \\ \Delta\tau_{xy} &= \tau_{xyi+1} - \tau_{xyi}; & \Delta\tau_{yz} &= \tau_{yzi+1} - \tau_{yzi}; & \Delta\tau_{zx} &= \tau_{zxi+1} - \tau_{zxi}; \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \Delta\varepsilon_x &= \varepsilon_{xi+1} - \varepsilon_{xi}; & \Delta\varepsilon_y &= \varepsilon_{yi+1} - \varepsilon_{yi}; & \Delta\varepsilon_z &= \varepsilon_{zi+1} - \varepsilon_{zi}; \\ \Delta\gamma_{xy} &= \gamma_{xyi+1} - \gamma_{xyi}; & \Delta\gamma_{yz} &= \gamma_{yzi+1} - \gamma_{yzi}; & \Delta\gamma_{zx} &= \gamma_{zxi+1} - \gamma_{zxi}. \end{aligned} \quad (24)$$

Вычтем из зависимостей (22) соответствующие зависимости (21). Эти преобразования покажем на примере первых строк (21) и (22),

$$\begin{aligned} \sigma_{xi+1} - \sigma_{xi} = \Delta\sigma_x &= (d_{11i+1} \varepsilon_{xi+1} - d_{11i} \varepsilon_{xi}) + (d_{12i+1} \varepsilon_{yi+1} - d_{12i} \varepsilon_{yi}) + \\ &+ (d_{13i+1} \varepsilon_{zi+1} - d_{13i} \varepsilon_{zi}) + (d_{14i+1} \gamma_{xyi+1} - d_{14i} \gamma_{xyi}) + \\ &+ (d_{15i+1} \gamma_{yzi+1} - d_{15i} \gamma_{yzi}) + (d_{16i+1} \gamma_{zxi+1} - d_{16i} \gamma_{zxi}). \end{aligned}$$

Эту разницу можно представить в виде:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_x &= (d_{11i+1} \varepsilon_{xi+1} - d_{11i} \varepsilon_{xi}) \frac{\Delta\varepsilon_x}{\Delta\varepsilon_x} + (d_{12i+1} \varepsilon_{yi+1} - d_{12i} \varepsilon_{yi}) \frac{\Delta\varepsilon_y}{\Delta\varepsilon_y} + \\ &+ (d_{13i+1} \varepsilon_{zi+1} - d_{13i} \varepsilon_{zi}) \frac{\Delta\varepsilon_z}{\Delta\varepsilon_z} + (d_{14i+1} \gamma_{xyi+1} - d_{14i} \gamma_{xyi}) \frac{\Delta\gamma_{xy}}{\Delta\gamma_{xy}} + \\ &+ (d_{15i+1} \gamma_{yzi+1} - d_{15i} \gamma_{yzi}) \frac{\Delta\gamma_{yz}}{\Delta\gamma_{yz}} + (d_{16i+1} \gamma_{zxi+1} - d_{16i} \gamma_{zxi}) \frac{\Delta\gamma_{zx}}{\Delta\gamma_{zx}}. \end{aligned} \quad (25)$$

Обозначим:

$$\begin{aligned} d_{11}^k &= \frac{d_{11i+1} \varepsilon_{xi+1} - d_{11i} \varepsilon_{xi}}{\Delta\varepsilon_x}; & d_{12}^k &= \frac{d_{12i+1} \varepsilon_{yi+1} - d_{12i} \varepsilon_{yi}}{\Delta\varepsilon_y}; \\ d_{13}^k &= \frac{d_{13i+1} \varepsilon_{zi+1} - d_{13i} \varepsilon_{zi}}{\Delta\varepsilon_z}; & d_{14}^k &= \frac{d_{14i+1} \gamma_{xyi+1} - d_{14i} \gamma_{xyi}}{\Delta\gamma_{xy}}; \\ d_{15}^k &= \frac{d_{15i+1} \gamma_{yzi+1} - d_{15i} \gamma_{yzi}}{\Delta\gamma_{yz}}; & d_{16}^k &= \frac{d_{16i+1} \gamma_{zxi+1} - d_{16i} \gamma_{zxi}}{\Delta\gamma_{zx}}. \end{aligned} \quad (26)$$

С учетом этих обозначений зависимость (25) запишется:

$$\Delta\sigma_x = d_{11}^k \Delta\varepsilon_x + d_{12}^k \Delta\varepsilon_y + d_{13}^k \Delta\varepsilon_z + d_{14}^k \Delta\gamma_{xy} + d_{15}^k \Delta\gamma_{yz} + d_{16}^k \Delta\gamma_{zx}. \quad (27)$$

Определяя аналогичным образом разности других строк (уравнений) систем (21) и (22) и выполняя усреднение побочных коэффициентов, приходим к следующей системе физических уравнений в приращениях:

$$\begin{Bmatrix} \Delta\sigma_x \\ \Delta\sigma_y \\ \Delta\sigma_z \\ \Delta\tau_{xy} \\ \Delta\tau_{yz} \\ \Delta\tau_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11}^k & d_{12}^k & d_{13}^k & d_{14}^k & d_{15}^k & d_{16}^k \\ d_{12}^k & d_{22}^k & d_{23}^k & d_{24}^k & d_{25}^k & d_{26}^k \\ d_{13}^k & d_{23}^k & d_{33}^k & d_{34}^k & d_{35}^k & d_{36}^k \\ d_{14}^k & d_{24}^k & d_{34}^k & d_{44}^k & d_{45}^k & d_{46}^k \\ d_{15}^k & d_{25}^k & d_{35}^k & d_{45}^k & d_{55}^k & d_{56}^k \\ d_{16}^k & d_{26}^k & d_{36}^k & d_{46}^k & d_{56}^k & d_{66}^k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta\varepsilon_x \\ \Delta\varepsilon_y \\ \Delta\varepsilon_z \\ \Delta\gamma_{xy} \\ \Delta\gamma_{yz} \\ \Delta\gamma_{zx} \end{Bmatrix}, \quad (28)$$

или в сокращенном виде:

$$\{\Delta\sigma\}_x = [d^k]_x \cdot \{\Delta\varepsilon\}_x,$$

где коэффициенты жесткости матрицы $[d^k]_x$ на приращениях составляют:

– коэффициенты, стоящие на главной диагонали (главные коэффициенты);

$$\begin{aligned} d_{11}^k &= \frac{d_{11i+1}\varepsilon_{xi+1} - d_{11i}\varepsilon_{xi}}{\varepsilon_{xi+1} - \varepsilon_{xi}} = \frac{d_{11i+1}\varepsilon_{xi+1} - d_{11i}\varepsilon_{xi}}{\Delta\varepsilon_x}; \\ d_{22}^k &= \frac{d_{22i+1}\varepsilon_{yi+1} - d_{22i}\varepsilon_{yi}}{\varepsilon_{yi+1} - \varepsilon_{yi}} = \frac{d_{22i+1}\varepsilon_{yi+1} - d_{22i}\varepsilon_{yi}}{\Delta\varepsilon_y}; \\ d_{33}^k &= \frac{d_{33i+1}\varepsilon_{zi+1} - d_{33i}\varepsilon_{zi}}{\varepsilon_{zi+1} - \varepsilon_{zi}} = \frac{d_{33i+1}\varepsilon_{zi+1} - d_{33i}\varepsilon_{zi}}{\Delta\varepsilon_z}; \\ d_{44}^k &= \frac{d_{44i+1}\gamma_{xyi+1} - d_{44i}\gamma_{xyi}}{\gamma_{xyi+1} - \gamma_{xyi}} = \frac{d_{44i+1}\gamma_{xyi+1} - d_{44i}\gamma_{xyi}}{\Delta\gamma_{xy}}; \\ d_{55}^k &= \frac{d_{55i+1}\gamma_{yzi+1} - d_{55i}\gamma_{yzi}}{\gamma_{yzi+1} - \gamma_{yzi}} = \frac{d_{55i+1}\gamma_{yzi+1} - d_{55i}\gamma_{yzi}}{\Delta\gamma_{yz}}; \\ d_{66}^k &= \frac{d_{66i+1}\gamma_{zxi+1} - d_{66i}\gamma_{zxi}}{\gamma_{zxi+1} - \gamma_{zxi}} = \frac{d_{66i+1}\gamma_{zxi+1} - d_{66i}\gamma_{zxi}}{\Delta\gamma_{zx}}; \end{aligned} \quad (29)$$

– побочные коэффициенты:

$$\begin{aligned} d_{12}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{12i+1}\varepsilon_{yi+1} - d_{12i}\varepsilon_{yi}}{\Delta\varepsilon_y} + \frac{d_{12i+1}\varepsilon_{xi+1} - d_{12i}\varepsilon_{xi}}{\Delta\varepsilon_x} \right]; \\ d_{13}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{13i+1}\varepsilon_{zi+1} - d_{13i}\varepsilon_{zi}}{\Delta\varepsilon_z} + \frac{d_{13i+1}\varepsilon_{xi+1} - d_{13i}\varepsilon_{xi}}{\Delta\varepsilon_x} \right]; \\ d_{14}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{14i+1}\gamma_{xyi+1} - d_{14i}\gamma_{xyi}}{\Delta\gamma_{xy}} + \frac{d_{14i+1}\varepsilon_{xi+1} - d_{14i}\varepsilon_{xi}}{\Delta\varepsilon_x} \right]; \\ d_{15}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{15i+1}\gamma_{yzi+1} - d_{15i}\gamma_{yzi}}{\Delta\gamma_{yz}} + \frac{d_{15i+1}\varepsilon_{xi+1} - d_{15i}\varepsilon_{xi}}{\Delta\varepsilon_x} \right]; \\ d_{16}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{16i+1}\gamma_{zxi+1} - d_{16i}\gamma_{zxi}}{\Delta\gamma_{zx}} + \frac{d_{16i+1}\varepsilon_{xi+1} - d_{16i}\varepsilon_{xi}}{\Delta\varepsilon_x} \right]; \\ d_{23}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{23i+1}\varepsilon_{zi+1} - d_{23i}\varepsilon_{zi}}{\Delta\varepsilon_z} + \frac{d_{23i+1}\varepsilon_{yi+1} - d_{23i}\varepsilon_{yi}}{\Delta\varepsilon_y} \right]; \\ d_{24}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{24i+1}\gamma_{xyi+1} - d_{24i}\gamma_{xyi}}{\Delta\gamma_{xy}} + \frac{d_{24i+1}\varepsilon_{yi+1} - d_{24i}\varepsilon_{yi}}{\Delta\varepsilon_y} \right]; \\ d_{25}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{25i+1}\gamma_{yzi+1} - d_{25i}\gamma_{yzi}}{\Delta\gamma_{yz}} + \frac{d_{25i+1}\varepsilon_{yi+1} - d_{25i}\varepsilon_{yi}}{\Delta\varepsilon_y} \right]; \\ d_{26}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{26i+1}\gamma_{zxi+1} - d_{26i}\gamma_{zxi}}{\Delta\gamma_{zx}} + \frac{d_{26i+1}\varepsilon_{yi+1} - d_{26i}\varepsilon_{yi}}{\Delta\varepsilon_y} \right]; \\ d_{34}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{34i+1}\gamma_{xyi+1} - d_{34i}\gamma_{xyi}}{\Delta\gamma_{xy}} + \frac{d_{34i+1}\varepsilon_{zi+1} - d_{34i}\varepsilon_{zi}}{\Delta\varepsilon_z} \right]; \\ d_{35}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{35i+1}\gamma_{yzi+1} - d_{35i}\gamma_{yzi}}{\Delta\gamma_{yz}} + \frac{d_{35i+1}\varepsilon_{zi+1} - d_{35i}\varepsilon_{zi}}{\Delta\varepsilon_z} \right]; \\ d_{36}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{36i+1}\gamma_{zxi+1} - d_{36i}\gamma_{zxi}}{\Delta\gamma_{zx}} + \frac{d_{36i+1}\varepsilon_{zi+1} - d_{36i}\varepsilon_{zi}}{\Delta\varepsilon_z} \right]; \\ d_{45}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{45i+1}\gamma_{yzi+1} - d_{45i}\gamma_{yzi}}{\Delta\gamma_{yz}} + \frac{d_{45i+1}\gamma_{xyi+1} - d_{45i}\gamma_{xyi}}{\Delta\gamma_{xy}} \right]; \\ d_{46}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{46i+1}\gamma_{zxi+1} - d_{46i}\gamma_{zxi}}{\Delta\gamma_{zx}} + \frac{d_{46i+1}\gamma_{xyi+1} - d_{46i}\gamma_{xyi}}{\Delta\gamma_{xy}} \right]; \\ d_{56}^k &= \frac{1}{2} \left[\frac{d_{56i+1}\gamma_{yzi+1} - d_{56i}\gamma_{yzi}}{\Delta\gamma_{yz}} + \frac{d_{56i+1}\gamma_{zxi+1} - d_{56i}\gamma_{zxi}}{\Delta\gamma_{zx}} \right]. \end{aligned} \quad (30)$$

Таким образом, находится 21 коэффициент жесткости элемента на приращениях. Усреднение побочных коэффициентов $d_{ij}^k (i \neq j)$ вводится, чтобы избежать влияние погрешностей в определении напряжений на шагах нагружения на нарушение симметрии матрицы жесткости элемента на приращениях; при простом нагружении парность коэффициентов жесткости на приращениях соблюдается без усреднения.

Таким образом, получена полная система физических соотношений для железобетонных элементов с учетом влияния арматуры и физической нелинейности материалов на жесткость элементов.

Опыт использования физических соотношений в приращениях, представленный в [4], показывает, что при этом значительно сокращается время расчета особенно сложных железобетонных конструкций с учетом физической нелинейности за счет возможностей замены многоитерационных способов решения систем нелинейных уравнений (до сходимости) на слабоитерационные и безитерационные.

Список литературы

1. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. С. 412.
2. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н. О формировании физических соотношений для бетонных элементов при объемном напряженном состоянии // *Жилищное строительство*. 2015. № 3. С. 10–13.
3. Карпенко С.Н. О построении общего метода расчета железобетонных плоских конструкций в конечных приращениях // *Бетон и железобетон*. 2015. № 3. С. 22–26.
4. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Петров А.Н., Палувина С.Н. Модель деформирования железобетона в приращениях и расчет балок-стенок и изгибаемых плит с трещинами. Петрозаводск: ПГУ, 2013. С. 153.

References

1. Karpenko N.I. Obshchie modeli mekhaniki zhelezobetona [General models of mechanics of reinforced concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1996. 412 p. (In Russian).
2. Karpenko N.I., Karpenko S.N. On the formation of physical relations for concrete elements under volumetric stress state. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 3, pp. 10–13. (In Russian).
3. Karpenko S.N. About building a common method of calculation of reinforced concrete flat designs in finite increments. *Beton i zhelezobeton*. 2015. No. 3, p. 22–26. (In Russian).
4. Karpenko N.I., Karpenko S.N., Petrov A.N., Palyuvina S.N. Model' deformirovaniya zhelezobetona v prirashcheniyakh i raschet balok-stenok i izgibaemykh плит s treshchinami [The model of deformation of reinforced concrete in increments and calculation of beams-walls and bended plates with cracks]. Petrozavodsk: PSU, 2013, 153 p. (In Russian).

УДК 699.86

Н.П. УМНЯКОВА¹, канд. техн. наук (n.umniakova@mail.ru), В.А. КУЗЬМИН², инженер (lte@zavodlit.ru)

¹ НИИСФ РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

² ЗАО «Завод ЛИТ» (152020, Ярославская обл., г. Переславль-Залесский, ул. Советская, 1)

Применение отражательной теплоизоляции в многослойных панелях с эффектом многократного отражения теплового потока

Рассмотрены различные схемы использования отражательной теплоизоляции в энергосберегающих многокамерных панелях с эффектом многократного отражения, применяемых в качестве ограждающих конструкций при строительстве промышленных, быстровозводимых зданий общественного, производственного, специального назначения, а также бытовых помещений. Разработана программа и описан ход проведения эксперимента по исследованию образцов многокамерных панелей с использованием отражательной теплоизоляции с эффектом многократного отражения теплового потока, а также представлены результаты эксперимента по исследованию данных образцов панелей. Приведены ссылки на действующую нормативно-техническую документацию, инструменты для автоматического расчета теплотехнических характеристик зданий, ограждающих конструкций.

Ключевые слова: отражательная теплоизоляция, многократное отражение, панель, термическое сопротивление, алюминиевая фольга, энергоэффективность

N.P. UMNYAKOVA¹, Candidate of Sciences (Engineering) (n.umniakova@mail.ru); V.A. KUZMIN², Engineer (lte@zavodlit.ru)

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

² ЗАО “Zavod LIT” (1, Sovetskaya Street, Pereslavl-Zalesky, 152020, Yaroslavl Oblast, Russian Federation)

The Use of Reflective Heat Insulation in Multilayer Panels with Effect of Multiple Reflection of a Heat Flow

Various schemes of the use of the reflective heat insulation in power saving multi-chamber panels with the effect of multiple reflection which are used as enclosing structures when constructing industrial, quickly erected buildings of public, production, special purpose, as well as welfare spaces are considered. The program has been developed and the course of experiment on the study of samples of multi-chamber panels with the use of reflective heat insulation with the effect of multiple reflection of the heat flow are described, results of the experiment on the study of these samples of panels are presented. Links on the current normative-technical documentation, instruments for automatic calculation of thermal-technical characteristics of the building, and enclosing structures are presented.

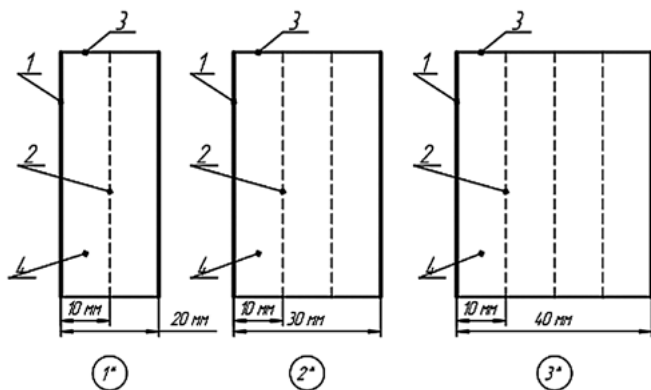
Keywords: reflective heat insulation, multiple reflection, panel, thermal resistance, aluminum foil, energy efficiency.

С возрастанием требований к тепловой защите зданий и сооружений становится очевидным, что применение конструкций с использованием традиционных видов теплоизоляции (минеральная вата, экструдированный пенополистирол и другие) при большой толщине слоя утеплителя становится неэффективным [1]. Решение может быть найдено посредством применения более доступных и до-

статочно эффективных способов утепления зданий [2–4]. К ним относится конструкция утепления с использованием отражательной теплоизоляции, которая все шире используется в ограждениях в силу ее сравнительной доступности, возможности использования в комбинации с воздушными прослойками, термическое сопротивление которых она позволяет увеличить в несколько раз. Изучению свойств и



Рис. 1. Покрытие внутренней поверхности ограждения производственного комплекса отражательной теплоизоляцией



№ панели	Описание
1*	Сэндвич-панель с двумя замкнутыми воздушными прослойками
2*	Сэндвич-панель с тремя замкнутыми воздушными прослойками
3*	Сэндвич-панель с четырьмя замкнутыми воздушными прослойками

№ панели	Описание
1	Облицовка ПВХ, либо ПВХ с отражающим покрытием внутри панели
2	Слой пленочный позителен или бумага, либо отражающий материал
3	Несущая рамка
4	Замкнутая воздушная прослойка

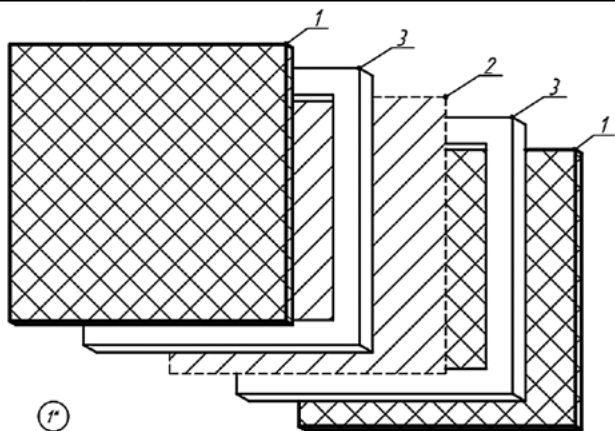


Рис. 2. Конструктивная схема экспериментальных образцов

Структура образцов для проведения испытаний

№	Структура образца								
1	ПВХ	ЗВП20	ФФ	ЗВП20	ПВХ				
2	ПВХФ	ЗВП20	ФФ	ЗВП20	ФПВХ				
3	ПВХФ	ЗВП20	ПЭП	ЗВП20	ФПВХ				
4	ПВХ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ПВХ				
5	ПВХФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФПВХ				
6	ПВХФ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ФПВХ				
7	ПВХ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ПВХ
8	ПВХФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФПВХ
9	ПВХФ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ФПВХ
10	ПВХ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ПВХ
11	ПВХ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ПВХ		
12	ПВХФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФПВХ		
13	ПВХФ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ФПВХ		

Обозначения: ПВХ–облицовка из поливинилхлорида толщиной 2 мм; ПВХФ, ФПВХ–облицовка из поливинилхлорида толщиной 2 мм, оклеенная отражающим слоем (фольгой) внутри панели (Армофол тип С); ЗВП10–замкнутая воздушная прослойка толщиной 10 мм; ЗВП20–замкнутая воздушная прослойка толщиной 20 мм; ФФ–двусторонне–фольгированный материал Армофол тип В; ПЭП–полиэтиленовая пленка толщиной 50 мкм.

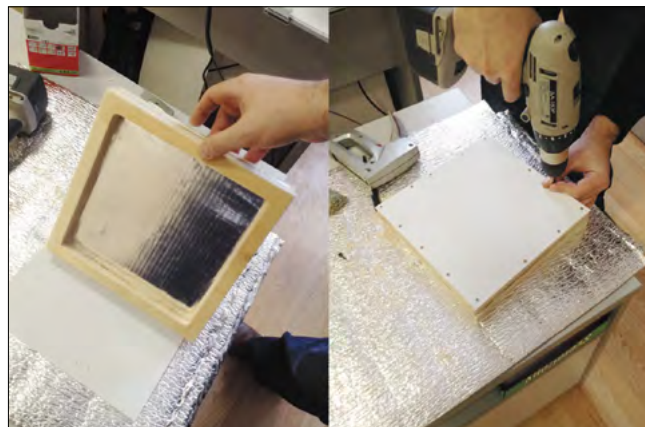


Рис. 3. Изготовление экспериментального образца сэндвич-панели для исследований

преимуществ применения отражательной теплоизоляции в строительстве посвящено большое количество работ [5–12], однако она все еще остается мало исследованным материалом.

Применение отражательной теплоизоляции возможно в качестве дополнительной системы утепления изнутри ограждающей конструкции. В этом случае фольга не только препятствует потере теплоты за счет отражения инфракрасного теплового потока, но и выполняет роль пароизоляции, которая предотвращая влагоперенос, обеспечивает меньшую эксплуатационную влажность материалов в ограждении.

Также отражательную изоляцию можно использовать в качестве теплового экрана при покрытии внутренней поверхности ограждений. Такое решение очень актуально для целого ряда помещений: складов, ангаров, производственных цехов, зданий специального назначения (рис. 1). В этом случае отпадает необходимость в воздушной прослойке. Сопротивление теплопередаче конструкции ограждения из профилированного листа и отражающей теплоизоляции Пенофол Супер NET толщиной 15 мм составляет 0,7 м²·°С/Вт [6].

Для исследования теплозащитных качеств отража-

Таблица 1
Теплоизоляции в НИИСФ РААСН исследованы эксперимен-



Рис. 4. Установка ПИТ-2.1 для измерения теплопроводности и термического сопротивления

Таблица 2
Результаты испытаний образцов на установке ПИТ-2.1

№ образца	Размеры, мм	Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, при $t_{\text{сп}} = 15^\circ\text{C}$	Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, при $t_{\text{сп}} = 25^\circ\text{C}$
1	250×250×46,4	1,44	0,969
2	250×250×47,1	1,85	1,28
3	250×250×46,6	1,59	1,29
4	250×250×25,8	0,81	0,739
5	250×250×26	0,85	0,82
6	250×250×25,7	0,82	0,81
7	250×250×48,1	2,1	1,206
8	250×250×48,3	2,2	1,37
9	250×250×47,2	1,57	1,36
10	250×250×45,5	1,63	0,92
11	250×250×37	1,82	1,03
12	250×250×37	1,86	1,08
13	250×250×37	1,47	1,08

тальные образцы с 2–4 воздушными прослойками, которые созданы за счет установки в образец разделительных слоев из отражательной теплоизоляции или полиэтиленовой пленки (рис. 2). Структура образцов представлена в табл. 1. Для предварительных испытаний были изготовлены образцы размером 250×250 мм (рис. 3) с различным сочетанием слоев из полиэтиленовой пленки и отражательной теплоизоляции, и у каждого образца было определено термическое сопротивление на установке ПИТ-2.1 при средней температуре образцов 15°C и 25 °C (рис. 4).

Результаты испытаний образцов представлены в табл. 2. Анализ полученных результатов подтверждает эффективность применения отражательной теплоизоляции в составе замкнутых воздушных прослоек: лучшими характеристиками обладают образцы с четырьмя воздушными

прослойками № 7, 8 с тремя воздушными прослойками № 11, 12, с двумя воздушными прослойками № 5, 6. Так, для образца № 8 при толщине 48 мм конструкция обладает термическим сопротивлением $R=1,37 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ при средней температуре 25°C, и при средней температуре 15 °C $R=2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Кроме того, прослеживается зависимость: увеличение термического сопротивления конструкций при уменьшении средней температуры образца. Можно предположить, что в суровых климатических условиях – при отрицательных температурах, замкнутые воздушные прослойки, находящиеся в зоне пониженных температур, будут обладать повышенным термическим сопротивлением, «динамически» изменяющимся.

Методики расчета сопротивления теплопередаче многослойных ограждающих конструкций с применением отражающей теплоизоляции с учетом многократного отражения приведены в ГОСТ Р 56734.2015 «Здания и сооружения. Расчет показателя теплозащиты ограждающих конструкций с отражающей теплоизоляцией». Расчет ограждающих конструкций согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003», СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей» в автоматическом режиме можно проводить с помощью расчетной программы «LIT THERMO ENGINEER Ограждающие конструкции» (свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2014617857).

Таким образом, проведенные исследования образцов многокамерных панелей подтвердили эффективность применения отражательных слоев в составе замкнутых воздушных прослоек, что позволяет получить экономию в затратах тепла на отопление и создать надежную теплозащитную оболочку здания. Анализ результатов эксперимента показал, что применение многокамерных панелей с отражательной теплоизоляцией перспективно для строительства жилых, промышленных, быстровозводимых зданий общественного, производственного, специального назначения, а также бытовых помещений.

Список литературы

1. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // *Жилищное строительство*. 2011. № 8. С. 2–6.
2. Кузьмин В.А., Шабанин Д.А., Цирлин А.М., Цыганков В.М., Ахременков А.А. Техно-экономическое сравнение методов экономии энергии за счет утепления зданий // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. № 9–10, 2014. С. 82–90.
3. Кузьмин В.А., Шабанин Д.А., Цирлин А.М. Математическое и компьютерное моделирование температурного и влажностного режима ограждений в строительстве. *Материалы XVIII ежегодной молодежной научно-практической конференции «Наукоемкие информационные технологии» SIT-2014*. С. 43–59.
4. Кузьмин В.А., Ахременков А.А., Цирлин А.М., Цыганков В.М. Энергетическая эффективность покрытия внутренней поверхности помещений отражательной теплоизоляцией // *Строительные материалы*. 2013. № 12. С. 65–67.

References

1. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Requirements for thermal performance and energy efficiency in the project actualized SNiP «Thermal protection of buildings». *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2011. No. 8, pp. 2–6. (In Russian).
2. Kuzmin V.A., Shabanin D.A., Tsirlin A.M., Tsygankov V.M., Akhremenkov An.A. Techno-economic comparison of methods of energy saving by insulation of buildings. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenii. Problemy energetiki*. 2014. No. 9-10, pp. 82–90. (In Russian).
3. Kuzmin V.A., Shabanin D.A., Tsirlin A.M. Mathematical and computer modeling of temperature and moisture mode of fencing in construction. Papers of XVIII annual youth scientific and practical conference «High Information Technologies» SIT-2014, pp. 43–59 (In Russian).
4. Kuzmin V.A., Akhremenkov A.A., Tsirlin A.M., Tsygankov V.M. The energy efficiency of coatings for the internal surface areas of the reflective insulation. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 12, pp. 65–67. (In Russian).

5. Умнякова Н.П. Теплозащита замкнутых воздушных прослоек с отражательной теплоизоляцией // *Жилищное строительство*. 2014. № 1-2. С. 16–20.
6. Умнякова Н.П. Теплопередача через ограждающие конструкции с учетом коэффициентов излучения внутренних поверхностей помещения // *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 14–17.
7. Умнякова Н.П. Снижение теплопотерь поверхности радиаторной стенки // *Жилищное строительство*. 2015. № 2. С. 21–24.
8. Мананков В.М. Отражающая теплоизоляция в энергосберегающем строительстве // *Вестник МГСУ*. 2011. №3. С. 319–326.
9. Мананков В.М. Отражающая теплоизоляция в энергосберегающем строительстве // *Все о ЖКХ*. 2011. №2. С. 57–59.
10. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 226 с.
11. Андреев Д.А., Могутов В.А. Теплотехнические характеристики многослойных ограждающих конструкций со слоями отражающей изоляции. Сборник трудов НИИСФ. 2002. С. 139–146.
12. Андреев Д.А., Могутов В.А., Цирлин А.М. Выбор расположения слоев ограждающей конструкции с учетом предотвращения внутренней конденсации // *Строительные материалы*. 2001. № 1. С. 42–45.
5. Umnyakova N.P. Thermal protection of closed air layers with reflective insulation. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. № 1-2, pp. 16-20. (In Russian).
6. Umnyakova N.P. Heat transfer through the building envelope taking account of the emissivity of the internal surfaces of the room. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 6, pp. 14-17. (In Russian).
7. Umnyakova N.P. Decrease of a heat loss surface radiometry wall. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 2, pp. 21-24. (In Russian).
8. Manankov V.M. Reflective insulation in energy-efficient construction. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3, pp. ????. (In Russian).
9. Manankov V.M. Reflective insulation in energy-efficient construction. *Vse o ZhKhK*. 2011. No. 2, pp. ????? (In Russian).
10. Fokin K.F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastei zdaniy*. [Building heat engineering of enclosing parts of buildings.] Moscow: ABOK-PRESS, 2006. ??? p. (In Russian).
11. Andreev D.A., Mogutov V.A. Thermal performance of multilayer enclosing structures with layers of reflective insulation. *Sbornik trudov NISF*, 2002. Pp. ????. (In Russian).
12. Andreev D.A., Mogutov V.A., Tsirlin A.M. The choice of location of the layers enclosing structures subject to prevent internal condensation. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2001. No. 1, pp. ????. (In Russian).



В ЖК «Загородный квартал» в Химках установили экобокс для сбора ламп, градусников и батареек

В муниципальном детском саду «Бибигон», который находится в ЖК «Загородный квартал» (девелопер RDI) в городском округе Химки (Московская обл.), Всероссийский природоохранный социальный проект «Экобокс» установил специальный экоконтейнер для сбора и временного хранения градусников, ламп и батареек. Теперь малыши и их родители смогут правильно утилизировать опасные бытовые отходы.

Жители г.о. Химки заботятся о состоянии окружающей среды в родном округе. На текущий момент такие экоконтейнеры присутствуют на всех специализированных площадках ТКО города и многих социальных объектах. Правильная утилизация опасных бытовых отходов – важная и неотъемлемая часть заботы об окружающей среде и здоровье населения.

Воспитание бережного отношения к природе необходимо с детства. Это поможет будущему поколению сделать раздельный и правильный сбор мусора общепринятой традицией и правилом хорошего тона. Всероссийский природоохранный социальный проект «Экобокс» ведет образовательную деятельность, проводит экоуроки и экоквесты, а также устанавливает и обслуживает экобоксы в социальных объектах безвозмездно.

Химки – лидер Московской области по количеству установленных экобоксов. Всего на территории городского округа их установлено 238, включая контейнерные площадки, социальные объекты (детские сады и школы). Этой весной экобоксы также появились во всех православных храмах города.

«Экобокс» – это единственный в России сертифицированный экоконтейнер, предназначенный для безопасного сбора и временного хранения опасных отходов: отработанных энергосберегающих ламп, батареек и других химических источников питания. «Экобокс» за год собирает 4200 ламп, 60 кг батареек и 150 градусников. Опасные отходы вывозятся на специализированный завод, где производится их демеркуризация и



утилизация. А неопасные части этих предметов получают вторую жизнь. К примеру, полученное из отслуживших лампочек и градусников стекло будет использовано для создания блеска бордюрной плитки.

Всероссийский природоохранный социальный проект «Экобокс» занимается реализацией проектов по сбору и утилизации отходов 1-го класса опасности, а именно ртути содержащих ламп и градусников, а также элементов питания (батареек) на территории РФ. Присутствует на территории Москвы, Московской области, Ярославской области, республики Башкортостан, Краснодарского края, Челябинска и Сургута. В рамках социального проекта проводятся образовательные мероприятия, целью которых является формирование экологической культуры населения.

По материалам пресс-службы Всероссийского природоохранный социального проекта «Экобокс»

УДК 699.86+697.133

А.Ю. ОКУНЕВ, канд. физ.-мат. наук (okunevAY@gmail.com), Е.В. ЛЕВИН, канд. физ.-мат. наук
Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (127238, Россия, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

Методы расчета теплотерь через основания зданий и сооружений

Рассмотрены методики для определения теплотерь через основания зданий, включая метод зон действующего СП 50.13330.2012; опубликованные ранее аналитические методы расчета из литературы и по ISO 13370–2007, а также многомерные расчеты с использованием метода конечных элементов и численный нестационарный сеточный расчет. На отдельных примерах проанализирована точность данных методов. Показано, что нестационарный расчет позволяет получить отдельные значения тепловых потоков для теплого и холодного периода года. Для холодного периода года величины сопротивлений теплопередаче значительно превосходят среднегодовые значения за счет большего перепада температур при малоизменяющихся тепловых потоках. Для более точного учета теплотерь и связанных с ними тепловых потоков целесообразно применение именно нестационарных моделей, учитывающих эффект теплоаккумуляции грунтом основания.

Ключевые слова: энергосбережение, теплоперенос, теплотери, тепловая защита, основание здания.

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

Methods for Calculation of Heat Losses through Foundations of Buildings and Structures

Methods for determining heat losses through foundations of buildings including the method of zones of the current SP 50.13330.2012, analytical methods of calculation published earlier and according to ISO 13370–2007 as well as multidimensional calculation with the use of the finite elements method and the numerical non-steady grid calculation are considered. On the basis of some examples, the accuracy of these methods is analyzed. It is shown that the non-steady calculation makes it possible to obtain separate values of heat flows for warm and cold seasons. For the cold season, the values of resistance to heat transfer significantly exceed the average annual values due to a great temperature drop at changing little heat flows. For more accurate accounting of heat losses and heat flows connected with them, it is reasonable to use non-stationary models which take into account the effect of heat accumulation by the foundation soil.

Keywords: energy saving, heat transfer, heat losses, heat protection, building foundation.

Теплотери через основания могут составлять величины порядка 10–20% и более от общих теплотерь здания. В особенности это относится к малоэтажным зданиям и сооружениям – малоэтажному жилому фонду (индивидуальные постройки, коттеджи и т. д.), производственным, торговым и складским зданиям, подземным магазинам и парковкам, теплицам, футбольным полям и др. [1].

Расчет теплотерь через основания является достаточно сложной физической задачей с точки зрения ее постановки и решения. Механизм теплотерь включает в себя перенос тепла в глубь грунта и в наружный воздух над его поверхностью за счет теплопроводности; накопление тепла за счет теплоемкости грунта; процессы, связанные с фазовыми переходами (испарение, оттаивание и промерзание грунта); нагрев грунтовых вод и др. При этом грунтовое основание под зданием в общем случае может иметь сложную структуру – слои грунтов различного типа и с различными физическими свойствами, неравномерно распределенными по его объему. Характерные времена теплоусвоения грунтов значительны, что приводит к необходимости проведения нестационарных расчетов.

В настоящей статье приведена подборка методик расчета и результатов расчета теплотерь с применением данных методик на конкретных примерах. Для сравнения результатов, полученных по различным методикам расчета

теплотерь через основания, рассмотрены случаи: отапливаемый подвал здания и теплый подпол здания.

Для расчетов взяты следующие исходные данные: коэффициент теплопроводности $\lambda = 1,5$ Вт/(м·К); плотность грунта $\rho = 2$ г/см³; массовая теплоемкость грунта $C_m = 1$ Дж/(г·К); объемная теплоемкость грунта $C = 2$ Дж/(см³·К).

Рассмотрены следующие методы расчета:

1. С использованием метода зон по СП 50.13330.2012.

Область теплотерь в данном случае делится на зоны шириной 2 м начиная от наружных стен. Полагается, что для каждой зоны приведенное сопротивление теплопередаче постоянно и имеет значения $R = 2,1; 4,3; 8,6; 14,2$ м²·°C/Вт. Если пол и стены содержат утепляющие слои, то к данному приведенному сопротивлению теплопередаче добавляется термическое сопротивление утепляющего слоя. Если пол расположен на лагах, то приведенное сопротивление теплопередаче пола увеличивается в 1,18 раза.

2. Аналитический расчет для неутепленного пола на уровне грунта (Власов О.Е. Основы строительной теплотехники. М.: РККА, 1938. 96 с.) по формуле:

$$R = \frac{\pi B}{2\lambda} [\ln((\sqrt{B/2+w} + \sqrt{B/2}) / (\sqrt{B/2+w} - \sqrt{B/2})))]^{-1},$$

где B – ширина пола, м; λ – коэффициент теплопроводности грунта, Вт/(м·К); w – толщина цоколя здания, м.

Такой расчет основан на следующих предположениях:

- стационарность теплопереноса;
- линии тока тепла составляют полуокружности;
- цоколь абсолютно теплоизолирован.

Расчет стены подвала по данной методике осуществляется по формуле:

$$R = \frac{\pi H}{2\lambda} \left[\ln \left(1 + \frac{\lambda_w}{\lambda} + \frac{\pi H}{2\delta} \right) \right]^{-1},$$

где H – высота стены до уровня грунта, м; δ – толщина стены подвала, м; λ_w – коэффициент теплопроводности материала стены, Вт/(м·К).

3. Аналитический расчет для пола по грунту [2] по формуле:

$$R = \frac{\pi w x}{2\lambda} [\ln(1+x) + x \ln(1+1/x)]^{-1},$$

где $x = B'/w$.

$$B' = (1/L + 1/B)^{-1} = 2A/P, \quad (1)$$

где A – площадь, м²; P – периметр пола, м; L – длина здания, м.

Величина имеет смысл приведенной ширины здания конечной длины. В дальнейших расчетах рассмотрено бесконечно длинное здание, в этом случае $B' = B$. Для более сложных геометрий зданий возможен пересчет всех результатов согласно формуле (1).

4. Аналитический расчет для пола по грунту [3] по формуле:

$$R \approx \frac{\pi B}{2\lambda} \left[\ln \left(\frac{2B}{w} + 1 \right) \right]^{-1}.$$

5. Аналитический расчет по методике ISO 13370–2007 «Thermal performance of buildings. Heat transfer via the ground. Calculation methods».

Полы по грунту

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_i} \ln \left(\frac{\pi B'}{d_i} + 1 \right) - \text{для слабоутепленных полов } (d_i < B');$$

$$U = \frac{\lambda}{0,457B' + d_i} - \text{для хорошо утепленных полов } (d_i \geq B').$$

$$d_i = w + \lambda \left(\frac{1}{\alpha_{in}} + R_f + \frac{1}{\alpha_{out}} \right),$$

где R_f – термическое сопротивление теплопередаче пола; $R = 1/U$.

Подвалы

Пол:

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_i + 0,5z} \ln \left(\frac{\pi B'}{d_i + 0,5z} + 1 \right) - \text{для слабоутепленных полов;}$$

$(d_i + 0,5z < B')$;

$$U = \frac{\lambda}{0,457B' + d_i + 0,5z} - \text{для хорошо утепленных полов;}$$

$(d_i + 0,5z \geq B')$,

где z – глубина подвала.

Стены:

$$d_w = w + \lambda \left(\frac{1}{\alpha_{in}} + R_w + \frac{1}{\alpha_{out}} \right),$$

где R_w – термическое сопротивление теплопередаче стены подвала.

$$U = \frac{2\lambda}{\pi z} \left(1 + \frac{0,5d_i}{d_i + z} \right) \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right); \quad R = 1/U.$$

ISO позволяет также учесть влияние грунтовых вод на основании табличных значений.

6. Численный стационарный расчет с применением метода конечных элементов, реализованный в программном комплексе LNBL Therm.

7. Численный нестационарный расчет, разработанный и реализованный авторами настоящей статьи.

Расчеты для всех методов, кроме отдельных расчетов по методу 7, проведены для стационарных условий. По методу 7 проведены дополнительные расчеты с переменной температурой наружного воздуха, плавно изменяющейся между среднемесячными значениями для Москвы.

Расчетные варианты и результаты

1. Теплый подпол. Ширина дома 8 м (полуширина 4 м), толщина стены 0,25 м, расчетная глубина 10 м (глубина грунтовых вод, движущихся с высокой скоростью), утепление подпола и отмостки отсутствует. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

2. Теплый подпол. Ширина дома 8 м (полуширина 4 м), толщина стены 0,25 м, утепление отмостки отсутствует, грунт в подполье утеплен с термическим сопротивлением теплопередаче, равном 2 м²·°С/Вт. Расчетная глубина 10 м. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

3. Теплый подвал. Ширина дома 14 м (полуширина 7 м), толщина стены 0,25 м, глубина подвала 2 м, утепление отсутствует. Расчетная глубина 12 м. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

4. Теплый подвал. Ширина дома 14 м (полуширина 7 м), толщина стены 0,25 м, глубина подвала 2 м, **утеплена стена** подвала с $R = 2$. Расчетная глубина 12 м. Результаты расчетов представлены в табл. 4.

Таблица 1

№ метода	Учет переменных внешних условий	Учет грунтовых вод	R , м ² ·°С/Вт
1	–	–	2,82
2	–	–	1
3	–	–	1,87
4	–	–	2,01
5	–	–	2,16
5	–	+	2,05
6	–	–	2,16
6	–	+	1,96
7	–	–	2,18
7	–	+	1,97
7	+	–	2,82
7	+	+	2,59

Таблица 2

№ метода	Учет переменных внешних условий	Учет грунтовых вод	R , м ² ·°С/Вт
1	–	–	4,82
2	–	–	4
3	–	–	3,87
4	–	–	4,01
5	–	–	4,53
5	–	+	4,4
6	–	–	4,23
6	–	+	3,98
7	–	–	4,56
7	–	+	4,27
7	+	–	6,48
7	+	+	6,12

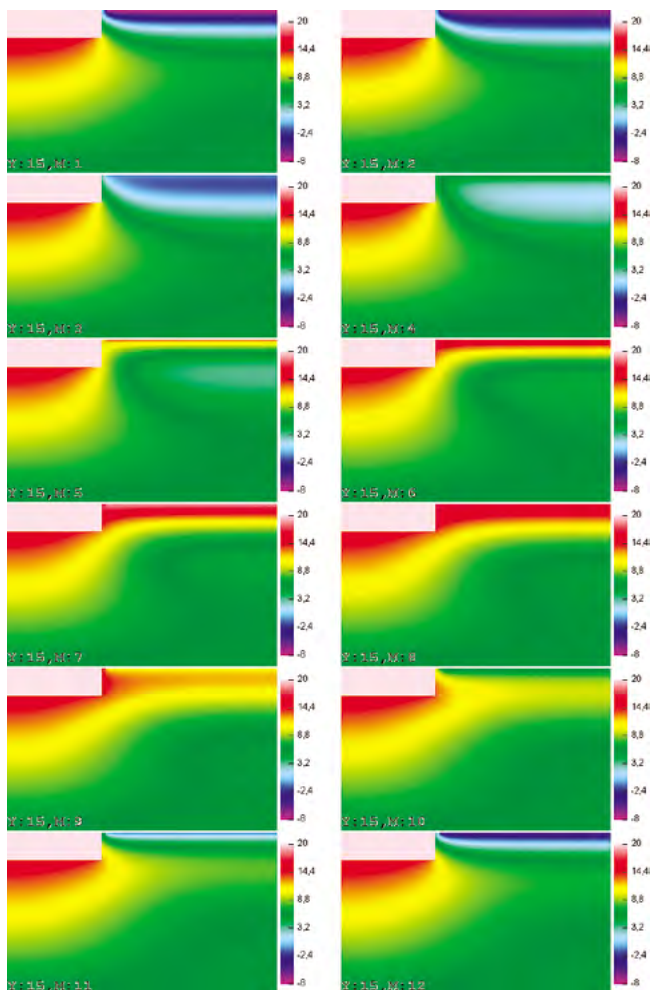


Рис. 1. Распределение температуры в основании здания по месяцам

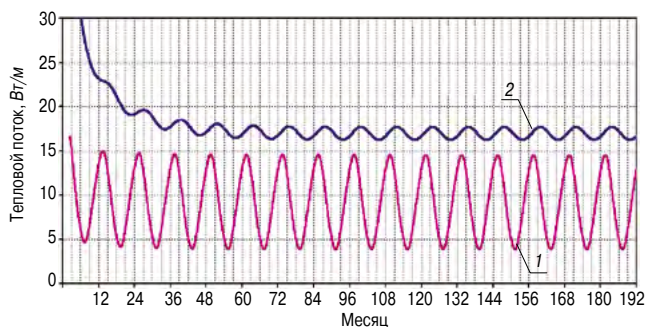


Рис. 2. Изменение тепловых потоков через стену (1) и пол (2) подвала со временем

5. Теплый подвал. Ширина дома 14 м (полуширина 7 м), толщина стены 0,25 м, глубина подвала 2 м, утеплены стена и пол подвала со стороны подвала с $R = 2$. Расчетная глубина 12 м. Результаты расчетов представлены в табл. 5.

В качестве примера результаты расчетов температурных полей и тепловых потоков для последнего варианта таблицы представлены на рис. 1 и 2.

Из рисунков можно заключить следующее.

Тепловой поток через пол подвала практически не зависит от наружной температуры и в конкретном рассматриваемом случае составляет около 17 Вт/м (2,4 Вт/м²).

Таблица 3

№ метода	Учет переменных внешних условий	Учет грунтовых вод	$R, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	
			стена	пол
1	-	-	2,82	7,7
2	-	-	0,78	-
5	-	-	1,26	4,43
6	-	-	0,92	5,94
6	-	+	0,89	4,06
7	-	-	0,93	6,44
7	-	+	0,94	4,06
7	+	-	1,10	9,72
7	+	+	1,07	6,15

Таблица 4

№ метода	Учет переменных внешних условий	Учет грунтовых вод	$R, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	
			стена	пол
1	-	-	4,82	7,7
2	-	-	2,78	-
5	-	-	4,54	4,43
6	-	-	3,34	4,74
6	-	+	3,16	3,5
7	-	-	3,74	4,78
7	-	+	3,61	3,33
7	+	-	4,23	7,07
7	+	+	4,12	5

Таблица 5

№ метода	Учет переменных внешних условий	Учет грунтовых вод	$R, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	
			стена	пол
1	-	-	4,82	9,7
2	-	-	2,78	-
5	-	-	4,2	6,79
6	-	-	3,17	7,33
6	-	+	3,07	5,84
7	-	-	3,31	7,81
7	-	+	3,16	5,93
7	+	-	3,86	11,9
7	+	+	3,73	9,07

Тепловой поток через пол запаздывает по отношению к внешним условиям на величину до нескольких месяцев. Тепловой поток через стену подвала также запаздывает по отношению к наружным условиям, но на меньшую величину. Этот факт означает, что прекращение отопления по достижении наружной температуры определенного значения может приводить к нарушению температурного режима граничащих с основанием помещений.

Тот факт, что тепловые потоки в основание для рассмотренных климатических условий всегда положительны, делает условно корректным рассмотрение режима отопления подвалов и полов по грунту в том же режиме, что и иных ограждающих конструкций. При разработке инженерных систем для поддержания микроклимата в смежных помещениях необходимо учитывать данный факт и в потери на отопление за год следует также включать возможные потери в течение теплого времени года, если они не компенсируются бытовыми теплопоступлениями и инсоляцией.

Обобщая полученные данные, можно сделать следующие выводы:

1. По методу зон (методика 1). Метод ограниченно применим, позволяет проводить достаточно грубый оценочный расчет, и использование его в качестве основного метода для определения теплопотерь через основания согласно действующему СП «Тепловая защита зданий» приводит к ошибкам в расчете энергопотребления здания. Наиболее существенны ошибки при расчете теплопотерь через стену подвала с завышением рассчитанного сопротивления теплопередаче до двух раз и более. При этом в расчетных примерах метод зон позволяет удовлетворительно оценить теплопотери через удаленные от наружных стен участки в условиях отсутствия влияния грунтовых вод на теплоперенос.

2. При рассмотрении полов по грунту без учета влияния грунтовых вод и утепления отмостки все рассмотренные методики (за исключением метода зон) дают схожие результаты. В результате в данном упрощенном случае при рассмотрении двумерного теплопереноса может быть целесообразно применение аналитических методик, описанных выше. Наиболее точная из аналитических методик в рассмотренных примерах приведена в ISO 13370.

3. При рассмотрении отапливаемых подвалов возникают отклонения аналитических методик, включая ISO 13370 от результатов двумерных расчетов. Соответственно применимость аналитических методик в данном случае требует детального исследования в каждом конкретном рассматриваемом случае.

4. Во всех случаях результаты расчетов по методикам 6 и 7 для постоянных наружных условий согласуются между собой, что подтверждает применимость разработанной авторами численной методики нестационарного расчета.

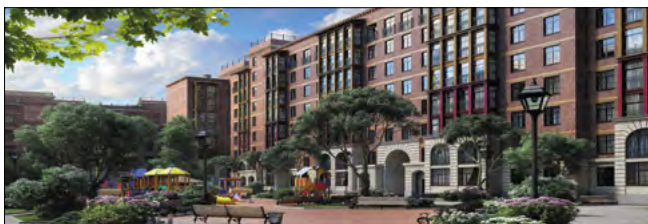
5. Нестационарный расчет позволяет получить отдельные значения тепловых потоков для теплого и холодного периодов года. Для холодного периода года величины сопротивлений теплопередаче получаются значительно превосходящими среднегодовые значения за счет большего перепада температур при малоизменяющихся тепловых потоках. Таким образом, для более точного учета теплопотерь и связанных с ними тепловых потоков целесообразно применение именно нестационарных моделей, учитывающих эффект теплоаккумуляции грунтом основания.

Список литературы / References

1. Сотников А.Г. Теплофизический расчет теплопотерь подземной части зданий // *Теплоэнергоэффективные технологии*. 2010. № 4. С. 23–28.
1. Sotnikov A.G. Heatphysical calculation of heatlosses of underground part of buildings. *Teploehnergoeffektivnye tekhnologii*. 2010. No. 4, pp. 23–28. (In Russian).
2. Anderson B.R. The effect of edge insulation on the steady-state heat transfer through a slab-on-ground floor // *Building and Environment*. 1993. Vol. 28, pp. 361–367.
3. Macey H.H., Heat loss through a solid floor // *Journal of the Institute of Fuel*. 1949. Vol. 22, pp. 369–371.

URBAN
GROUP
ГОРОДА ДЛЯ ЖИЗНИ

Город для жизни на юге Подмосковья



Компания Urban Group вывела на рынок проект комплексного освоения территорий в формате «Города для жизни» на юге Подмосковья. «Видный город» (Варшавское шоссе, 6 км от МКАД) – жилой комплекс, где представлена богатая палитра квартир в домах различных классов. «Видный город» станет первым на юге Подмосковья жилым комплексом в формате «Города для жизни», который сочетает в себе доступную стоимость, инфраструктуру бизнес-класса и авторскую архитектуру премиум-сегмента.

Одна из градостроительных достопримечательностей в «Видном городе» – уникальный террасный городской сад. Это редкое даже для старинных итальянских и французских городов украшение, потомок садов Семирамиды, поднятых, как на платформу, на искусственное аркадное основание, еще реже встречается в российских городах и еще ни разу не появлялось в проектах жилых комплексов даже элитного сегмента. В «Видном городе» этим аркадным основанием для террасной площади будут общественные сооружения. Вместо привычных лестниц на нее будет вести наклонный озелененный партер с пандусами.

На стыке жилого комплекса и леса будет расположен регулярный парк. Парковая зона будет включать в себя теннисные корты, площадки для мини-футбола, скалодром, роллердром, зону work out. Еще одной ви-

зитной карточкой «Видного города» станут коллективные фруктовые сады с именными деревьями жителей во дворах и общественных зонах.

В жилом комплексе четыре детских сада (280 мест), школа на 1125 мест по авторскому архитектурному проекту с футбольным стадионом и легкоатлетической зоной, поликлиника. Магазины и предприятия услуг расположатся в торговых галереях на первых этажах домов и в коммерческих помещениях. В проекте реализован принцип безопасных дворов без машин, когда въезд автомобилей в дворовое пространство физически невозможен (исключая машины спецтехники). Для машин на территории будут построены наземные и подземные паркинги. Размер участка жилого комплекса 36 га, общая площадь проекта 370 тыс. м², общая площадь квартир 260 тыс. м², количество квартир 6000. Инвестиции в «Видный город» составят 17 млрд р. Из них на инфраструктуру будет потрачено 1,8 млрд р. Еще 10% от суммы – вклад в эстетику и создание разнообразия в архитектурных и планировочных решениях.

В «Видном городе» Urban Group предлагает пять классов домов – «Классика»; «Классика Smart» – дома полностью повторяют все традиции качества классических домов компании, но все квартиры в них сдаются с отделкой; «Суперкомфорт» – дома с повышенным комфортом общественных зон, дизайнерской отделкой холлов, повышенной шумоизоляцией и бесшумными лифтами; «Клубный дом» – дома с повышенным комфортом общественных зон, дизайнерской отделкой холлов, повышенной шумоизоляцией и бесшумными лифтами, где все квартиры сдаются с отделкой; New Business – дома бизнес-класса с квартирами оптимизированных площадей. В каждом из них будет реализовываться не менее 50 планировочных решений, включая редкие форматы квартир: двухуровневые квартиры с потолком 6 м и вторым светом, эколофты с террасой на собственной крыше, хайфлеты с потолками 3,2 м или с отдельным входом в квартиру с улицы, ситхаусы с собственной придомовой террасой, лаунж-квартиры и квартиры с террасами, квартиры с окном в ванной, квартиры с панорамными окнами.

«Видный город» строится в несколько очередей. Первая очередь будет сдана в конце 2017 г., окончание строительства всего комплекса запланировано на II квартал 2019 г.

УДК 624.1

В.А. ИЛЬИЧЕВ, д-р техн. наук, академик РААСН,
Н.С. НИКИФОРОВА, д-р техн. наук (n.s.nikiforova@mail.ru),
А.В. КОННОВ, инженер, В.Р. ИРТУГАНОВА, инженер

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

Мониторинг строительства многофункционального жилого комплекса с подземной автостоянкой

Рассматриваются результаты геотехнического мониторинга строящегося объекта по адресу: г. Москва, Ленинский проспект, вл. 97–99. Объект представляет собой высотное здание в 33 этажа и отдельную трехуровневую автостоянку. Условия строительства объекта осложнены наличием расположенных в непосредственной близости от его подземной части зданий и сооружений, в том числе инженерных коммуникаций и трехэтажного корпуса школы. Сооружение подземной трехуровневой автостоянки проводилось «московским методом»: в качестве ограждения использовалась сборно-монолитная «стена в грунте», строительство осуществлялось модифицированным методом «сверху вниз». Полностью откопаны три подземных уровня автостоянки. На основании результатов геотехнического мониторинга сделаны выводы об эффективности применения данного метода.

Ключевые слова: защитные мероприятия, «московский метод», тесная городская застройка, зона влияния, глубокие котлованы, мониторинг.

V.A. IL'ICHEV, Doctor of Sciences (Engineering), Academician of RAACS,
N.S. NIKIFOROVA, Doctor of Sciences (Engineering) (n.s.nikiforova@mail.ru),
A.V. KONNOV, Engineer, V.R. IRTUGANOVA, Engineer
Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences (RAACS)
(21, Lokomotivnyy Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

Monitoring of Construction of Multifunctional Residential Complex with Underground Car Parking

Results of the geotechnical monitoring of an object under construction at the address 97–99 Leninsky Avenue, Moscow is considered. The object is a high-rise building of 33 storeys and a separate three-level parking. Construction conditions of the object were complicated by the presence of buildings and structures including engineering communications and the three-level school located close to its underground part. On the basis of this, the construction of the underground three-level parking was conducted by the "Moscow method": precast-monolithic slurry wall was used as an enclosure, the construction was carried out by a modified "top-down" method. Three underground levels of car parking were excavated fully. On the basis of the geo-technical monitoring results, conclusions on the efficiency of this method using are made.

Keywords: protective measures, Moscow method, tight urban development, deep pits, monitoring.

В настоящее время лабораторией «Основания, фундаменты и подземные сооружения» НИИСФ РААСН на объекте строительства «Многофункциональный жилой комплекс с подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, Ленинский проспект, вл. 97–99» в рамках договора с ООО «Жилкапстрой» (Заказчик) и ООО «БЕСТ Консалтинг» (Инвестор) проводится научное сопровождение работ на стадии строительства, а также геотехнический мониторинг.

Рассматриваемый комплекс состоит из двух частей: высотного здания габаритами в плане 29×70 м, высотой 108 м (33 этажа), имеющего один подземный этаж, и отдельной трехуровневой подземной автостоянки, соединенных переходной галереей.

На момент написания настоящей статьи производится возведение 18-го этажа высотной части и полностью откопаны три подземных уровня автостоянки.

Строящееся сооружение имеет класс КС-3 согласно ГОСТ 27751–2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» и является уникальным (высота более 100 м).

Инженерно-геологический разрез площадки строительства с указанием в скобках толщины слоев представ-

лен насыпными грунтами, преимущественно суглинками (0,4–9,1 м), четвертичными отложениями: глинами тугопластичными (0,7–3,6 м), суглинками от мягкопластичных до полутвердых (~4–20 м), глинами тугопластичными (0,5–2,2 м), супесями пластичными (0,5–4,9 м), подстилаемыми нижнемеловыми песками от пылеватых до средней крупности (до 59,2 м).

В грунтовом массиве залегают два водоносных горизонта: надморенный на глубине 4,5–6,7 м, напорно-безнапорный с напором 0,6–2,6 м и надъюрский на глубине 22,8–24 м, безнапорный, а также «верховодка» на глубине 1–5,1 м.

Фундаменты под высотной частью здания свайные, объединенные плитным ростверком толщиной 2 м. Длина свай составляет 23,5 м считая от дна котлована, имеющего глубину 7,45 м. Относительная отметка низа свай -29,45 м. Абсолютная отметка низа свай 166,85 м. Сваи буровые диаметром 800 мм с уширением, шаг свай 3,5 и 2,5 м. Уширение выполнено механическим способом, имеет диаметр 1,5 м и длину 1,5 м. В основании свай залегают меловые пески мелкие плотные, заглубление свай в них составляет не менее 1 м (Научно-технический от-



Рис. 1. Возведение «стены в грунте»

чет «Научное сопровождение работ при проектировании (стадия РД) и строительстве многофункционального жилого комплекса по адресу: г. Москва, Ленинский проспект, 97–99. Этап 2.4 Научное сопровождение работ на стадии строительства подземной части». М.: НИИСФ РААСН, 2015. 48 с.).

До начала строительства на основании расчетов НИИСФ РААСН была произведена корректировка проекта относительно распорной системы котлована и уменьшения длины ограждения.

На объекте строительство подземной автостоянки выполнено по «московскому методу», который представляет собой вариант общей технологии крепления котлованов капитальными перекрытиями и является усовершенствованием метода «сверху вниз». Применение «московского метода» целесообразно при глубинах котлована 8–24 м (осуществлены объекты глубиной 10–20 м) в различных гидрогеологических условиях, при разных размерах и конфигурации котлованов. Данный метод ограждения котлована защищен патентами РФ № 2220258, 83080, 2291935 (авторы: Зега С.О. и др.) [1].

Технология «московского метода» [1] предполагает опережающее устройство по отношению к разработке котлована ограждения «стена в грунте» по траншейной технологии с применением грейферного оборудования, используя технические решения «Конструкционный сборный элемент для сборно-монолитной «стены в грунте» и сборно-монолитная «стена в грунте». На объекте применена «стена в грунте», несущая, совершенного типа, толщиной 600 мм, заглубленная ниже дна котлована до абсолютной отметки 177,6 м (рис. 1).



Рис. 2. Фермы и вантовые крепления, установленные при устройстве перекрытий подземной автостоянки

Крепление котлована осуществлялось с использованием специальной пространственной распорной конструкции (Научно-технический отчет «Научное сопровождение работ при проектировании (стадия РД) и строительстве многофункционального жилого комплекса по адресу: г. Москва, Ленинский проспект, 97–99. Этап 1.1 Научное сопровождение работ при проектировании (стадия РД). Том 3». М.: НИИСФ РААСН, 2015. 50 с.), которая состоит из двух перекрытий (подземной части), «ферменных» стержней между ними и двух вантовых креплений в углах котлована (рис. 2).

Геотехнический мониторинг на объекте производится в соответствии с разделом 12 СП 22.13330.2011. «Основания зданий и сооружений» по программе, составленной НИИОСП им. Н.М. Герсеванова.

Мониторинг включает в себя наблюдения за перемещениями фундаментной плиты высотной части здания, «стены в грунте» подземной автостоянки, зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строительства объекта, составляющую 28–30 м: трехэтажного корпуса школы «Центр образования № 1311 «ТХИЯ», ограждения территории посольства Германии, опоры ЛЭП и существующих подземных коммуникаций (рис. 3), расположенных по периметру строящегося здания (Отчет о научно-технической работе по теме: «Проведение геотехнического мониторинга на объекте строительства «Многофункциональный жилой комплекс с подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, Ленинский проспект, 97–99. Этап 6. Геотехнический мониторинг на объекте строительства (январь–март 2016 г.)». М.: НИИСФ РААСН, 2016. 90 с.).

Для измерения перемещений окружающей застройки и фундаментной плиты высотной части здания была заложена геодезическая сеть из 124 геодезических марок и 60 микроnivelirных марок на -1-м, -2-м и -3-м этажах подземной автостоянки для измерения плановых перемещений «стены в грунте» (по 20 марок на каждом этаже).

Для наблюдений за плановыми положениями элементов строящейся подземной автостоянки применяется микроnivelир НИ-3, являющийся разработкой Института физики Земли (ИФЗ) РАН. Данный микроnivelир в течение уже 20 лет внедряется на строительных объектах Москвы. НИ-3 имеет электронный уровень/отвес, разработанный на базе спутникового микроакселерометра ИМУ-128 ИФЗ

РАН, который позволяет получать абсолютные углы наклона в горизонтальной и вертикальной плоскостях с точностью 1–3 мкм на 1 м. С учетом известной точности наблюдений и при высоте стены 3 м точность измерения смещения верхней части стены составляет 0,01 мм.

В период с сентября 2014 г. по март 2016 г. было проведено 27 циклов геодезических измерений. Полученные результаты сравнивались с прогнозируемыми перемещениями, содержащимися в расчете влияния строительства на окружающую застройку, а также с их предельными значениями, регламентируемыми нормами. Расчет был выполнен ООО «Подземпроект» (канд. техн. наук Ю.А. Готман, инж. Е.И. Давлетбаев) с использованием программного комплекса «Midas GTS» в трехмерной постановке (Научно-технический отчет «Расчеты влияния на существующие коммуникации и здание школы при строительстве многофункционального жилого комплекса по адресу: г. Москва, Ленинский проспект, 97–99, а также разработка рекомендаций по защитным мероприятиям для обеспечения сохранности существующих коммуникаций и здания школы». М.: ООО «Подземпроект», 2014. 65 с.).

Прогнозируемые и замеренные деформации окружающей застройки при подземном строительстве приведены во многих публикациях, в том числе в работах [2–4].

Вертикальные перемещения марок, установленных в районе цоколя трехэтажного здания школы, находящегося на расстоянии 12,5 м от подземной автостоянки, на 16.03.2016 г. практически отсутствуют. Относительная неравномерность деформаций – 0,00003. Значения де-

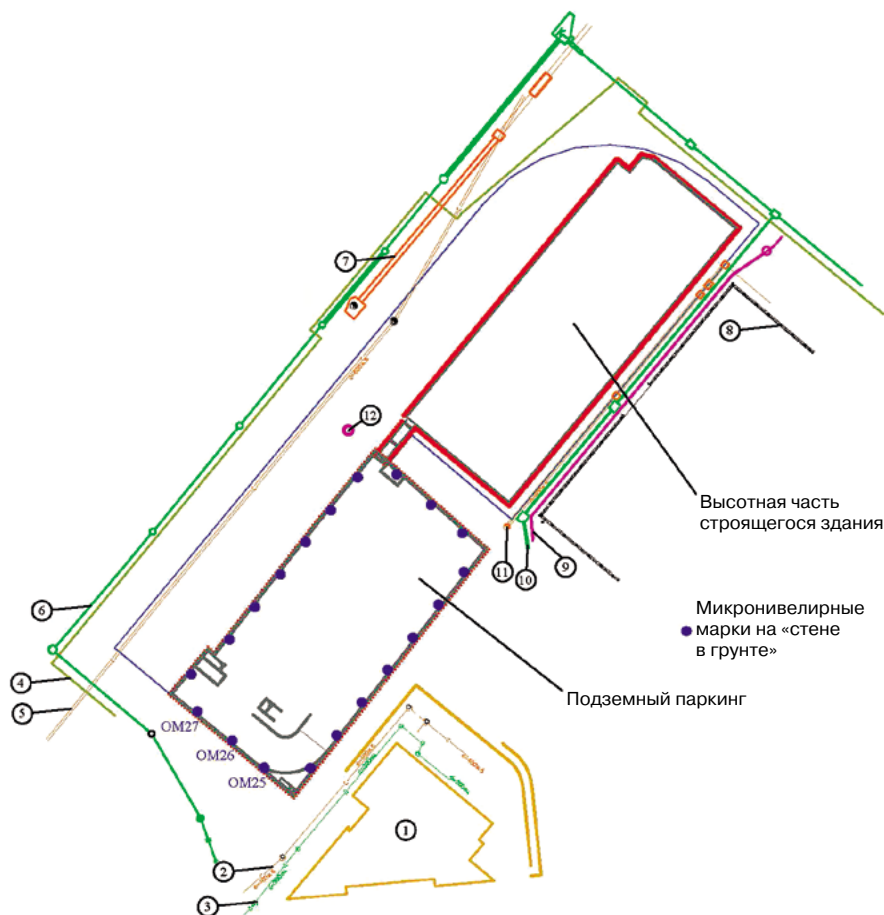


Рис. 3. Расположение объектов мониторинга с указанием микро nivelных марок на «стене в грунте» подземной автостоянки: 1 – здание по адресу: Ленинский проспект, д. 97, корп. 1; 2 – ливневая канализация $d=400$ мм; 3 – ливневая канализация $d=200$ мм; 4 – газопровод $d=250$ мм, $d=273$ мм; 5 – водосток $d=600$ мм; 6 – канализация самотечная $d=350$ мм; 7 – водосток $d=1000$ – 1200 мм; 8 – ограждение территории посольства Германии; 9 – водопровод $d=300$ мм; 10 – канализация $d=300$ мм; 11 – водосток $d=400$ мм; 12 – опора ЛЭП

формаций оснований здания школы не превысили прогнозируемой величины -7 мм и предельных величин дополнительной осадки и относительной неравномерности осадок, равных 3 см и 0,001 соответственно, регламентируемых табл. Л.1 СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».

Коммуникации, попадающие в зону влияния, расположены на расстоянии 7–15 м от подземной автостоянки и вы-

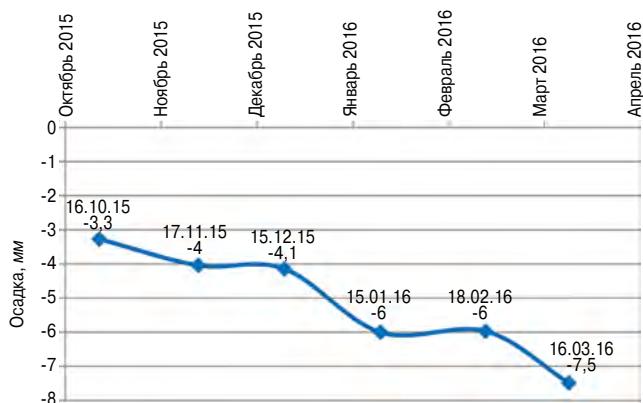


Рис. 4. Максимальная осадка фундаментной плиты высотной части здания

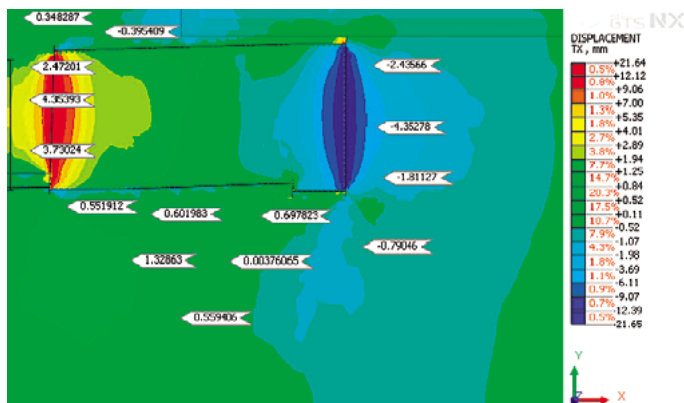


Рис. 5. Расчетные значения перемещения ограждения котлована трехуровневой подземной автостоянки

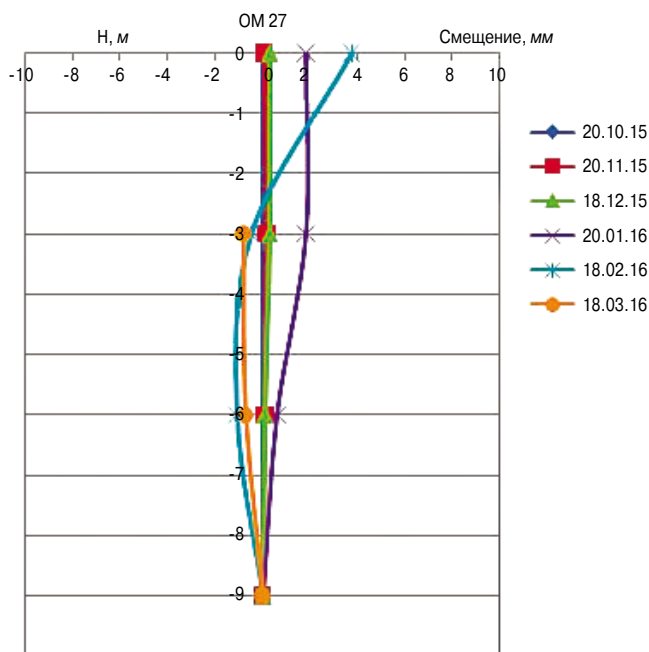


Рис. 6. Замеренные значения перемещения ограждения котлована трехуровневой подземной автостоянки

сотной части здания. Перемещения наблюдаемых коммуникаций (водопровод, водосток, канализация, газопровод) находятся в пределах от -11,6 мм до +3,8 мм. Прогнозируемые перемещения коммуникаций достигают 23 мм. Замеренные плановые перемещения некоторых коммуникаций составляют от -1 мм (от строящегося здания) до +2 мм (в сторону здания).

Осадка опоры ЛЭП от -8,4 до -10,8 мм, что меньше прогнозируемой величины -15 мм.

Осадка марок ограждения территории посольства Германии (5,0 м от высотной части здания) составила от +0,1 до -3,8 мм при прогнозируемом значении -16 мм.

Осадки фундаментной плиты под высотной частью здания от -7,5 до -1,1 мм и не превышают расчетного значения осадки – 65 мм. Неравномерность осадок фундаментной плиты под высотной частью здания составила $0,6 \cdot 10^{-3}$.

Список литературы

1. Патент РФ 2220258. Способ возведения многоэтажного подземного сооружения / Зега С.О., Зега И.А., Зега Н.С. Заявл. 04.04.2003. Опубл. 27.12.2003. Бюл. № 6.
2. Конюхов Д.С., Свиридов А.В. Расчет технологических деформаций существующих зданий в процессе изготовления ограждающих конструкций котлованов // *Вестник МГСУ*. 2011. № 5. С. 99–103.
3. Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Готман Ю.А., Тупиков М.М., Трофимов Е.Ю. Анализ применения активных и пассивных методов защиты при подземном строительстве // *Жилищное строительство*. 2013. № 6. С. 25–27.
4. Леушин В.Ю., Шишкин В.Я., Карабаев М.И., Конюхов Д.С., Шмыков В.Е. Анализ деформаций в окружающей застройке при сооружении глубоких котлованов // *БСТ – Бюллетень строительной техники*. 2011. № 3. С. 57–63.

Необходимо отметить, что ожидается дальнейший рост осадок в связи с продолжением строительства высотной части.

Согласно прогнозу, защитных мероприятий для окружающей застройки не требуется, что подтверждается данными мониторинга.

На основании результатов геодезического мониторинга построен график осадок фундаментной плиты высотной части здания (рис. 4).

На рис. 5 представлены расчетные плановые перемещения «стены в грунте» подземной автостоянки, а на рис. 6 – замеренные значения по маркам ОМ27 в уровнях -1, -2, -3, расположенных на одной вертикали. Расположение марки ОМ27 показано на рис. 3.

Плановое перемещение «стены в грунте» в уровнях трех этажей автостоянки находится в пределах от +4,2 до -0,9 мм при точности измерения 0,01 мм (знак «+» означает перемещение в сторону котлована, знак «-» означает перемещение в сторону от котлована). Данные рис. 5 и 6 свидетельствуют о соответствии расчетных и прогнозных величин.

Выводы.

1. Результаты геотехнического мониторинга показали, что перемещения попадающих в зону влияния строительства зданий и сооружений не превышают прогнозируемых и предельных значений, регламентируемых нормами. Перемещения коммуникаций не превышают прогнозируемых значений.

2. Результаты мониторинга подтвердили эффективность применения «московского метода» для строительства подземной автостоянки. Использование данного метода в условиях тесной городской застройки позволило не только уменьшить трудовые и материальные затраты, но и за счет ужесточения конструкций крепления котлована отказать от применения защитных мероприятий.

3. Осадка высотной части здания, судя по скорости развития, стремится к прогнозируемому значению, что подтверждает правильность выбора свайного фундамента.

4. Планируется продолжать мониторинг до окончания работ и в течение одного года после завершения строительства.

References

1. Patent RF 2220258. Sposob vozvedeniya mnogoetazhnogo podzemnogo sooruzheniya [Way of construction of a multystoried underground construction] Zege S.O., Zege I.A., Zege N.S.; Declared 04.04.2003. Published 27.12.2003. (In Russian).
2. Konyukhov D.S., Sviridov A.V. Deformation process's calculation of the existing building during shoring of excavation. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 5, pp. 99–103. (In Russian).
3. Il'ichev V.A. Nikiforova N.S., Gotman Y.A., Tupikov M.M., Trofimov E.J. Analysis of the application of active and passive methods of protection in underground construction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2013. No. 6, pp. 25–27. (In Russian).
4. Leushin V.Yu., Shishkin V.Ya., Karabaev M.I., Konyukhov D.S., Shmykov V.E. Analyses of neighbouring building deformations upon deep- excavation. *BST – Byulleten' stroitel'noi tekhniki*. 2011. No. 3, pp. 57–63. (In Russian).

УДК 699.842

В.А. СМIRНОВ, канд. техн. наук (org.com@list.ru)

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

Экспериментально-численная оценка уровней вибраций конструкции фундамента высокоточного оборудования

Работа посвящена оценке эффективности системы виброизоляции фундамента высокоточного литографического сканера при его установке в реконструируемом здании. В ходе работ проведены замеры уровней вибрации площадки строительства, а также дна котлована под размещение фундамента сканера. Проведенные замеры фоновой вибрации выявили наличие нестационарных источников случайных колебаний на частотах от 7 до 150 Гц. Проблема назначения необходимых толщин упругих и демпфирующих элементов системы виброизоляции заключается в том, что на момент проектирования системы отсутствовала информация об уровнях динамического воздействия от устанавливаемого в здании виброактивного оборудования. Для оценки эффективности спроектированной системы виброизоляции проведен анализ распространения вибрации от виброактивного оборудования по несущим конструкциям здания и грунту с использованием пакета конечноэлементного моделирования MSCPatran/Nastran. Результаты нестационарного динамического анализа распространения колебаний от источников вибрации позволили оценить амплитуды колебаний фундамента и скорректировать параметры виброизолирующих материалов как в фундаментной конструкции, так и подобрать необходимые виброизоляторы для источников воздействия.

Ключевые слова: виброизоляция, высокоточное оборудование, прогноз, эффективность, литографический сканер, виброизолирующий материал, МКЭ, MSCPatran.

V.A. SMIRNOV, Candidate of Sciences (Engineering) (org.com@list.ru)

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

Experimental – Numerical Study of Precision Equipment’s Foundation Vibration Levels

This work is devoted to the numerical estimation of the effectiveness of high-precision lithography scanner foundation and its vibration isolation system when it is installed in a reconstructed building. In the course of this work, we performed field measurements of the vibration levels of the construction site, as well as at the bottom of the excavation. The results of the measurements revealed the presence of non-stationary random vibration sources at frequencies from 7 up to 150 Hz. The problem of assigning the appropriate thicknesses of elastic and damping elements of the vibration isolation system is that at the time of designing the system, there was no information available about the levels of dynamic influence from the installed in the building vibrating equipment. To evaluate the effectiveness of the designed vibration isolation system, an analysis of vibration propagation from vibrating equipment through the supporting structures of the building and the ground layers to the scanner’s foundation was performed using finite element package MSC Patran/Nastran. The results of non-stationary dynamic analysis of vibration propagation allowed us to estimate the amplitudes of foundation oscillations and to adjust the parameters of the vibration isolating materials both in the scanner’s foundation, and at the sources of vibration.

Keywords: vibration isolation, precision equipment, numerical estimation, lithography scanner, vibration isolation materials, FEM, MSC Patran.

В статье рассматривается вопрос расчета и оценки эффективности виброизолированного фундамента для размещения высокоточного литографического сканера. Производитель оборудования требует, чтобы фундамент сканера был изолирован как от фоновой вибрации, так и от источников вибрации, которые могут возникнуть внутри здания. Поскольку требования к уровню вибрации основания сканера должны быть выполнены в диапазоне 1–100 Гц, а бюджет, выделенный на проектирование и строительство фундамента, ограничен, требуется нетривиальное и надежное решение, эффективность которого должна быть доказана на этапе проектирования.

Процесс проектирования и последующей эксплуатации системы виброзащиты высокоточного оборудования является сложной задачей в связи с изменчивостью внешнего вибрационного воздействия [1], зависящих от конструкции здания путей передачи колебаний от различных источни-

ков вибрации [2], расположенных внутри здания. Из-за высоких скоростей распространения продольных и поперечных волн в железобетоне или металле, которые являются наиболее часто применяемыми на практике материалами для строительства зданий, передача колебаний от источника к фундаменту зависит не только от характеристик грунтов основания, но также и от его конструктивной схемы и упругодемпфирующих характеристик конструктивных материалов.

Проблема оценки эффективности виброзащитной системы становится особо сложной, когда стоит задача определения ориентировочных уровней колебаний основания сканера, расположенного в здании, находящемся на реконструкции. Любое изменение конструктивной схемы зданий или распределения его веса от постоянных (связанного со сносом или изменением планировки, модификации используемых материалов и т. д.) или временных нагрузок

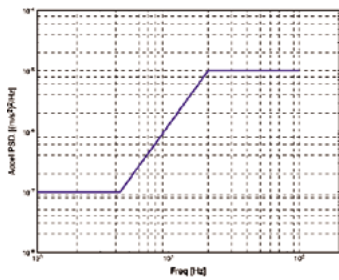


Рис. 1. Требования производителя к вибрации

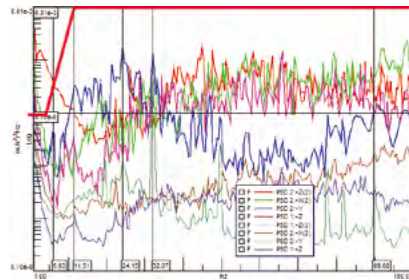


Рис. 2. Измеренные виброускорения точек в основании фундамента

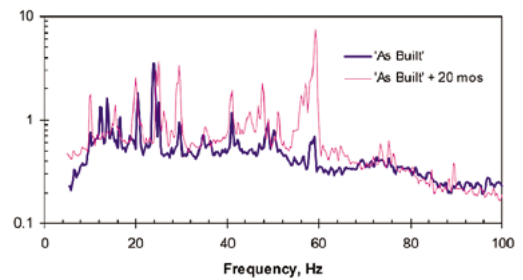


Рис. 3. Анализ результатов измерений

приводит к сдвигу его собственных частот и передаточных функций между точками конструкции. В результате динамический отклик здания на одно и то же внешнее воздействие на каждой стадии процесса реконструкции объекта будет различен. Необходимость получения информации о фоновой вибрации внутри реконструируемого объекта, а также невозможность учета финального динамического отклика здания, приводят к необходимости поиска иных методов обеспечения работоспособности виброизолированного фундамента.

Объектом исследования является высокоточный литографический сканер, произведенный компанией ASML и размещаемый внутри здания в Москве. Из-за высокой сложности внедренных в оборудование технологических процессов, высокой важности получаемых на нем изделий и высокой общей стоимости проекта производитель оборудования устанавливает максимальные допускаемые уровни вибрации на поверхности фундамента. Требования производителя к вибрации представлены на рис. 1 в диапазоне от 1 до 100 Гц для спектральной плотности мощности ускорения в вертикальном и горизонтальном направлениях. С учетом последних исследований [3], указывающих на влияние податливости фундамента на производительность оборудования, регламентируются жесткостные параметры фундамента – 1×10^8 Н/м. Требования по вибрации и жесткости фундаментного блока достигаются путем соответствующего подбора арматурного каркаса, выбора требуемых материалов для изгибаемых элементов, заменой грунта под подошвой фундамента и применением разнообразных виброзащитных мероприятий, снижающих уровень вибрации на подступах к фундаменту.

Измерения уровней фоновой вибрации в месте устройства фундамента сканера на различных этапах реконструкции здания проводились с применением 8-канальной поверенной виброизмерительной системы LMSScadasMobile и высокочувствительных ICPакселерометров. Последующая обработка данных с датчиков проводилась с применением ПК MatLab или программных продуктов LMS. Измеренные виброускорения точек в основании фундамента представлены на рис. 2.

Долговременный мониторинг уровней вибрации в месте устройства фундамента выявил смещение в преобладающих частотах внешнего вибрационного воздействия в низкочастотную область (ниже 15 Гц), наличие нестационарных случайных колебаний на частотах 50, 70 и 100 Гц с колебаниями указанных доминантных частот в пределах 4–5 Гц.

Исследованиями [4, 5] отмечен факт заметного различия между уровнями вибрации в только что построенном предприятии и эксплуатируемом. Это явление объясняется

суперпозицией колебаний от разнообразных появившихся в здании источников, пешеходной и людской активности. На рис. 2 отмечены уровни вибрации в только что построенном предприятии ('asbuilt') и эксплуатируемом на протяжении 20 месяцев ('+ 20 mos') по материалам [4].

Анализ результатов измерений, представленный на рис. 3, показывает, что максимальная величина повышения вибрационного фона наблюдается в частотном диапазоне 40–60 Гц, что является следствием наличия двигателей переменного тока, а также прочего оборудования с вращающимися частями и приводами от источников тока 50 Гц. Повышение вибрационного фона на частотах около 25 Гц связано с вводом в эксплуатацию оборудования ОВК, насосов, центрифуг, систем подачи и смешивания газов и т. д. Повышение фона в области низких частот – 5–11 Гц связано с появлением пешеходной активности. Общее повышение уровня вибрации в эксплуатируемом предприятии составляет в среднем от 1,8 до 9,3 раза!

На этапе проектирования виброизолированного фундамента сканера итоговый уровень вибрации в здании неизвестен, причем нет гарантии, что он не превысит заданный производителем рекомендуемый уровень, что приведет к снижению характеристик и производительности сканера. Получить более достоверную оценку уровней вибрации на предприятии после его ввода в эксплуатацию возможно, если учесть влияние всех детерминированных источников колебаний, что, учитывая их большое количество и разброс характеристик, возможно сделать, построив соответствующую численную модель.

Целью численного расчета является оценка уровней вибрации от работающего в различных помещениях предприятия оборудования и распространение их до исследуемого фундамента по грунту или несущим конструкциям здания. Задача рассматривалась в трехмерной постановке в рамках метода конечных элементов, реализованного в ПК MSCPatran/Nastran. Инженерно-геологические данные для расчета были получены по результатам соответствующих изысканий. Динамические параметры грунта взяты из СП 23-105–2004. Численная конечно-элементная модель состояла из грунтового основания под предприятием, модели бетонного основания и модели фундамента сканера. Граничные условия и модель грунтового напластования представлены на рис. 4. На рис. 4, а также указаны местоположения разнообразного динамического оборудования, которое смоделировано путем приложения вынужденного ускорения или скорости к точечным узлам модели (моделируя точечные опоры оборудования) или к поверхностям (моделируя фундаменты оборудования).

Задача определения уровней вибрации от оборудования включала в себя два расчета. В первом расчете определя-

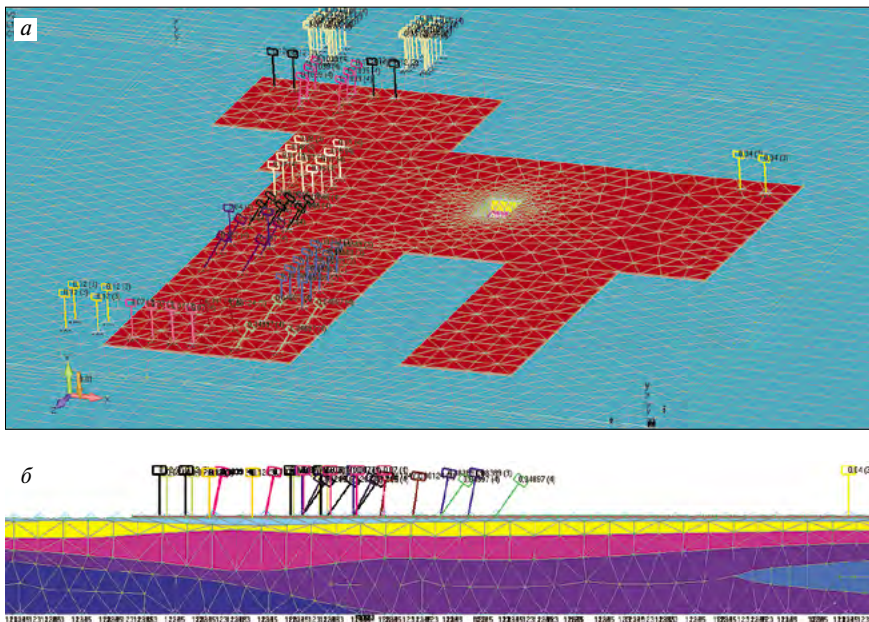


Рис. 4. Граничные условия (а) и модель грунтового напластования (б)

лась скорость или ускорение v_F^{all} или a_F^{all} точек под подошвой фундамента сканера от всего работающего оборудования:

$$v_F^{all}(t) = \sum_{i=1}^n v_i^{all}(t), \quad (1)$$

где $i = (1, 2, \dots, n)$; n – полное число источников; $v_i^{all}(t)$ – скорость i -го источника в рабочем режиме.

Целью первого расчета являлось определение кумулятивного эффекта распространения колебаний от оборудования на рабочих режимах (причем каждый источник характеризуется в общем случае своим диапазоном рабочих частот) по грунту и конструкции основания до фундамента сканера. Расчет выполнялся в прямой (Direct) постановке нестационарного динамического анализа (TransientResponse) SOL 109 или SOL 129 решателем MSC Nastran.

Во втором расчете определяются передаточные функции и пути распространения вибрации между исследуемым фундаментом и каждым источником в отдельности. Целью этого расчета является определение путей передачи колебаний от каждого из источников до фундамента и выработка виброзащитных мероприятий как в источнике, так и у фундамента сканера. Кроме того, данный расчет полезен для оценки вклада каждого источника в общий вибрационный уровень у подошвы фундамента сканера, особенно при наличии разных режимов работы оборудования. Используя график работы оборудования, а также полученные передаточные функции, можно определить уровень вибрации подошвы фундамента по каждому из источников. Суммарный уровень воздействия определяется по формуле:

$$v_F^{reg}(t) = \sum_{i=1}^n k_{1,i} k_2 v_i^{reg} f(t), \quad (2)$$

где j – идентификатор оборудования; $f(t)$ – его режимная характеристика (например, график разгона или неравномерности в работе); $k_{1,i}$ – коэффициент надежности оборудования, зависящий от разброса его характеристик; k_2 – коэффициент запаса, зависящий от характеристик точности защищаемого оборудования.

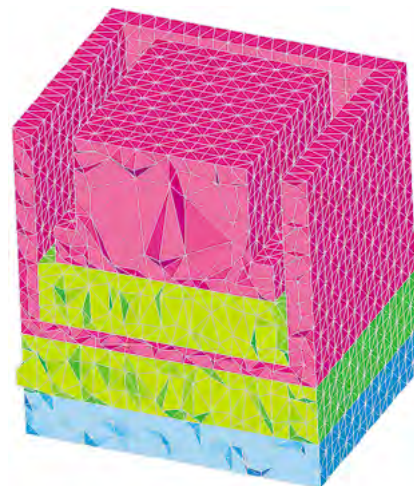


Рис. 5. Численная модель предлагаемой конструкции фундамента сканера

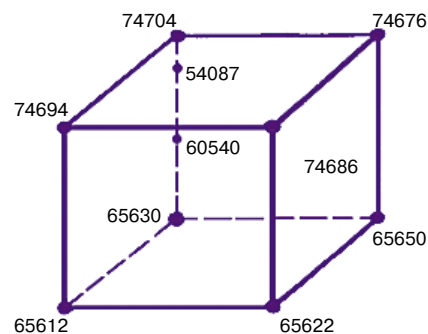


Рис. 6. Расчетные значения скорости колебаний

Суммарный уровень вибрации на разных режимах работы оборудования затем сравнивается с уровнем вибрации, полученным по первому расчету, и из них выбирается наилучший.

Расчетное значение скорости колебаний основания фундамента v_F^{design} определяется как сумма измеренной фоновой вибрации $v_F^{background}$ и численно полученной вибрации от различного оборудования, умноженного на коэффициент запаса k_3 , зависящего от требований к надежности предприятия:

$$v_F^{design} = k_3 (v_F^{background} + v_F^{all/reg}). \quad (3)$$

Данное значение скорости колебаний затем используется как входное воздействие в расчете эффективности

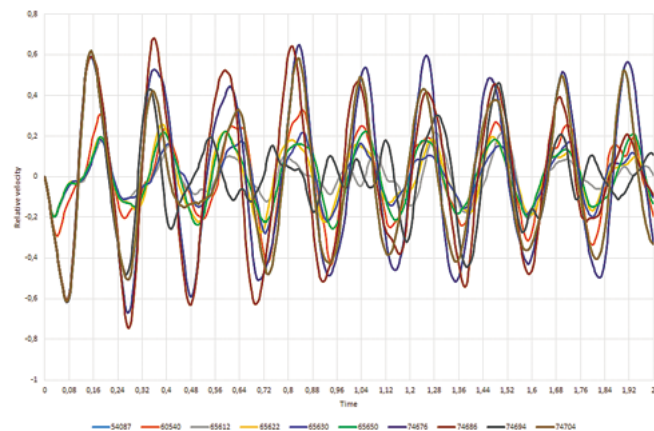


Рис. 7. Скорости в узлах на различной глубине

фундамента сканера. На рис. 5 представлена численная модель предлагаемой конструкции фундамента сканера.

Фундамент состоит из двух частей – фундаментной плиты и подфундаментного короба, служащего для увеличения массы фундамента и числа границ раздела сред на пути движения упругих волн из грунта. Проектирование фундамента осуществляется в соответствии с СП 26.13330.2012. На рис. 6 показаны номера узлов численной модели, в которых определялись расчетные значения скоростей колебаний.

Скорости в узлах на различной глубине показаны на рис. 7 от работающей группы вентиляторов, расположенных внутри предприятия. Результаты анализа показывают на значительное отличие в скоростях колебаний точек на различной глубине.

Наибольшие скорости колебаний имеют узлы на поверхности фундамента – 74704 и 54087, вблизи конструкций пола. Это связано с большими скоростями распространения волн в слое железобетона. Наименьшие скорости имеют узлы в средней и нижней частях фундамента. Отношение скоростей узлов наверху и снизу фундамента составляет от 2,5 до 3,2 раза. Разница в скоростях колебаний узлов, расположенных на одном и том же уровне, составляет от 0,27 до 1,06 для верхнего уровня фундамента, нормированных относительно узла 74704, и от 0,48 до 1,49 для нижнего уровня фундамента, нормированных относительно узла 65630. Такой разброс скоростей связан с эффектом дифракции упругих волн в грунте относительно жесткой преграды – конструкции подфундаментного короба. Более того, сравнительный анализ графиков скоростей колебания узлов верхней и нижней частей фундамента показывает, что последние имеют нерегулярный характер, что является эффектом суперпозиции упругих волн от различных источников.

Наиболее простым виброзащитным мероприятием по снижению скоростей колебаний точек на поверхности фундаментной выемки является устройство виброзащитного шва из мягких марок материала «Sylomer» между подфундаментным коробом и конструкцией пола предприятия.

Аналогичный расчет производится для каждой группы работающего оборудования.

Анализ распространения упругих волн через предлагаемую конструкцию фундамента показывает значительное снижение скорости колебаний поверхности фундамента по сравнению с основанием – в 1,12–1,3 раза. В дальнейшем результаты численного нестационарного анализа пересчитываются в спектральные характеристики и сравниваются с требованиями к виброзащите фундамента сканера. Результаты расчетов показывают соответствие предложенной конструкции фундамента требованиям производителя.

Предлагаемая методика расчета использована для определения эффективности виброизолированного фундамента высокоточного сканера. Фундамент конструктивно состоит из двух частей – фундаментной плиты и подфундаментного короба, служащего для увеличения массы фундамента и числа границ раздела сред на пути движения упругих волн из грунта. Внешняя поверхность подфундаментного короба покрыта вибродемпфирующим материалом.

Результаты расчетов наглядно демонстрируют важность учета конструктивных элементов здания, где размещено

оборудование на расчет распространения вибрации от различных источников. По результатам расчетов определена эффективность виброзащитных мероприятий фундамента сканера.

Предлагаемый подход позволяет как рассчитывать вибрационные характеристики фундамента (снижение скоростей колебаний, собственные частоты и т. д.), так и разрабатывать виброзащитные мероприятия на пути распространения вибрации от источников колебаний, расположенных внутри здания.

Работа выполнена при поддержке гранта 16-38-50019 Российского фонда фундаментальных исследований.

Список литературы / References

1. Smirnov V.A., Mondrus V.L. Probability Analysis of Precision Equipment Vibration Isolation System. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 467, pp. 410–415.
2. Smirnov V.A., Mondrus V.L. Optical Tables Vibration Isolation during Precision Measurements. Proc. E. 2015. Vol. 111, pp. 561–568.
3. Gazetas G. Analysis of machine foundation vibrations: State of the art. Int. J. of Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 1983. Vol. 2, Issue 1, pp. 2–42.
4. Michael Gendreau and Hal Amick Maturation of the Vibration Environment in Advanced Technology Facilities. Journal of the IEST. 2005. Vol. 48, No. 1, pp. 83–93.
5. Smirnov V.A. Numerical modelling of nonlinear vibration isolation system free oscillations. Advanced materials research. 2014. Vols. 1025–1026, pp. 80–84.

24–27 января 2017 | Красноярск

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В
XXV СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ВЫСТАВКЕ

**СТРОИТЕЛЬСТВО
АРХИТЕКТУРА**

ВЕДУЩАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ И ИНТЕРЬЕРНАЯ ВЫСТАВКА
СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

В ПРОГРАММЕ:

- VI Архитектурно–строительный форум Сибири
- Сибирский фестиваль архитектуры

Одновременно пройдет выставка строительной и складской техники
и оборудования «ТехСтройЭкспо. Дороги»

Официальные партнеры:



МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19
тел.: (391) 22-88-405, 22-88-611
build@krasfair.ru, www.krasfair.ru

0+

УДК 625:53.082

И.Е. ЦУКЕРНИКОВ¹, д-р техн. наук, Л.А. ТИХОМИРОВ¹, инженер (niisf@mail.ru),
Н.Е. ЩУРОВА¹, инженер; Т.О. НЕВЕНЧАННАЯ², д-р техн. наук

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

² МГУП им. Ивана Федорова (127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 2А)

Оценка возможности снижения шума от МКАД на жилой территории «Заречье»

Выполнена инструментальная и расчетная оценка существующих уровней шума на территории жилой застройки при наличии шумозащитного экрана по границе территории. Смоделирована акустическая обстановка на территории без существующего шумозащитного экрана и при помощи полученных результатов дана оценка эффективности снижения шума экраном. Выполнены расчеты для оценки целесообразности дальнейшего увеличения высоты существующего защитного экрана. Построены карты шума, позволившие определить основные источники акустического дискомфорта на территории жилой застройки. Выполнен анализ влияния на акустическую обстановку строящегося вблизи здания, имеющего конфигурацию стенки. С учетом сложившейся обстановки предложены варианты защиты территории от повышенного шума.

Ключевые слова: защита от шума, расчет, программное обеспечение.

I.E. TSUKERNIKOV¹, Doctor of Sciences (Engineering), L.A. TIKHOMIROV¹, Engineer (niisf@mail.ru),

N.E. SCHCUROVA¹, Engineer; T.O. NEVENCHANNAYA², Doctor of Sciences (Engineering),

¹ Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy architecture and construction sciences (RAACS)

(21, Lokomotivny Driveway, Moscow, 127238, Russian Federation)

² Moscow State University of Printing Arts named after Ivan Fedorov (2A, Prianishnikova Street, 127550, Moscow, Russian Federation)

Assessment of Possibility to Reduce Noise from MKAD at Residential Territory «Zarechie»

The instrumental and calculated assessment of existing noise levels at the territory of residential development with a soundproofing barrier on the border of the territory has been performed. An acoustic situation at the territory without the soundproofing barrier has been simulated, the assessment of efficiency of noise reduction by the barrier has been made with the help of results obtained. Calculations to assess the feasibility of a further increase in the height of the existing barrier have been made. Noise maps, which make it possible to identify the main sources of acoustic discomfort at the territory of residential development, have been built. The analysis of the impact of the building being built near which has a wall configuration, on the acoustic environment has been made. With due regard for the situation, options of the territory protection against increased noise are proposed.

Keywords: noise protection, calculation, software.

В последнее время уделяется большое внимание защите селитебных территорий и жилых строений от транспортного шума. Во многих городах более 50% процентов населения подвержено негативному воздействию от повышенного транспортного шума. Особенно остро эта проблема стоит на территориях, расположенных вблизи крупных трасс с высокой интенсивностью движения.

Зачастую в крупных городах ситуация может быстро меняться и существующие меры по защите от транспортного шума теряют свою эффективность. Это может происходить, например, из-за изменения планировочных решений, увеличения интенсивности транспортных потоков и пропускной способности магистралей, изменения скоростного режима и переноса шумозащитных экранов.

В работе проведен анализ изменения акустической обстановки на одном из участков жилой территории «Заречье» на 52-м километре внешней стороны МКАД. Ближайшие строения на территории расположены в 300 м от участка МКАД, на котором для защиты от транспортного шума применяются шумозащитные экраны высотой 6 м. Между жилой территорией и дорогой расположено несколько насыпей грунта высотой до 4 м. Кроме того, непосредственно по границе территории жителями установлен сплошной шумозащитный экран высотой 6 м. Одним из факторов, который может оказать негативное влияние на акустическую обста-

новку на рассматриваемой территории, является возведение здания-стенки протяженностью 174 м и высотой 15 м у юго-западной границы территории. В связи с этим оценивалось влияние данного сооружения после завершения строительства на акустическую обстановку прилегающей жилой застройки, вызываемое возможным отражением транспортного шума от этого строения на территорию жилой застройки.

Схема рассматриваемой территории с использованными в работе расчетными точками, в которых были выполнены также измерения шума, приведена на рис. 1.

Для проведения расчетов использовалось программное обеспечение «АРМ Акустика» (версия 3.2.3) [1], разработанное фирмой «ТЕХНОПРОЕКТ» (г. Санкт-Петербург) и реализующее в качестве расчетной методики положения ГОСТ 31295.2 «Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета». Данная программа позволяет проводить расчеты автодорожного шума с достаточной для практических целей точностью [2].

Сопоставление результатов измерений с результатами расчетов и оценка эффективности существующего экрана. Перед выполнением расчетов и разработкой мероприятий по снижению шума на территории необходимо было убедиться в том, что построенная в программе модель и получаемые в ней результаты корректны. Для этого было проведено сравнение результатов расчета с натурными из-

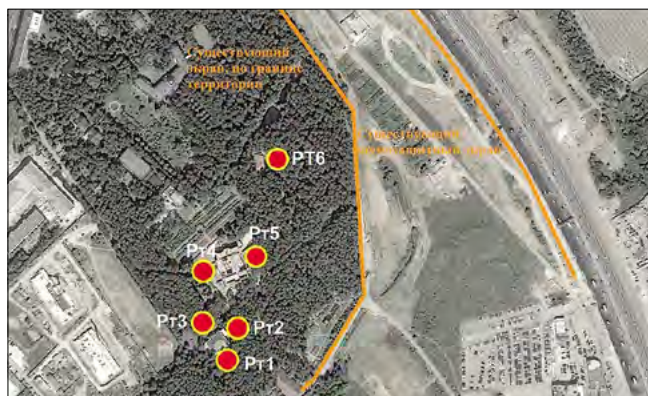


Рис. 1. Схема рассматриваемого района с использованными в работе расчетными точками



Рис. 2. Предлагаемое расположение экрана и контрэкрана

мерениями. В расчете рассматривали точки, расположенные в непосредственной близости от ограждающих конструкций строений, находящихся на территории, на высоте 1,5 м. В этих же точках были проведены акустические измерения уровней шума в дневной период. Результаты сопоставления рассчитанных и измеренных значений приведены в табл. 1.

Расхождения между результатами расчетов и измерений минимальны и не превышают 1,5 дБА, следовательно, построенная расчетная модель позволяет адекватно оценивать акустическую обстановку на территории.

Из результатов расчетов и измерений также видно, что существующие шумозащитные экраны позволяют обеспечить выполнение санитарных норм на селитебной территории в дневной период (допустимый уровень по СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» равен 55 дБА). Однако в ночной период превышения допустимых эквивалентных уровней звука А присутствуют во всех расчетных точках и могут доходить до 8 дБА для точки РТ6.

Первой задачей в данной работе было определение эффективности существующего вдоль границы селитебной территории шумозащитного экрана. Также была дана оценка возможного повышения эффективности данного экрана за счет увеличения его высоты на 2 м. При определении акустической эффективности существующего экрана сравнивали рассчитанные значения в точках без экрана (но с наличием экрана вдоль МКАД) с результатами расчетов с экраном. Результаты сравнения приведены в табл. 2.

Таблица 1

Номер расчетной точки	Эквивалентный уровень звука А, дБА		Расхождения
	измерения	расчет	
РТ1	49,9	51,4	1,5
РТ2	51,2	51,7	0,5
РТ3	44,1	43	-1,1
РТ4	42,9	41,9	-1
РТ5	51,1	52,4	1,3
РТ6	53	52,7	-0,3

Таблица 2

Номер расчетной точки	Только с экраном вдоль МКАД	Расчетный уровень с экраном	Снижение шума экраном
Экран высотой 6 м			
РТ1	57	51,4	5,6
РТ2	56,2	51,7	4,5
РТ3	51,1	43	8,1
РТ4	52,1	41,9	10,2
РТ5	57,7	52,4	5,3
РТ6	58,5	52,7	5,8
Экран высотой 8 м			
РТ1	57	51,2	5,8
РТ2	56,2	51,5	4,7
РТ3	51,1	42,8	8,3
РТ4	52,1	41,8	10,3
РТ5	57,7	52	5,7
РТ6	58,5	52,1	6,4

Таблица 3

Расчетные точки	Расчет без здания	Расчет со зданием	Изменения уровней звука
РТ1	51,4	52,9	1,5
РТ2	51,7	52,5	0,8
РТ3	43	46	3
РТ4	41,9	45,8	3,9
РТ5	52,4	51,7	-0,7
РТ6	52,7	52,5	-0,2

Таблица 4

Расчетные точки	Расчет существующей ситуации	Расчет после реконструкции	Снижение	Превышения допустимых значений
РТ1	51,4	43,9	7,5	–
РТ2	51,7	44,8	6,9	–
РТ3	43,0	42,6	0,4	–
РТ4	41,9	41,5	0,4	–
РТ5	52,4	42,3	10,1	–
РТ6	52,7	43,7	9	–

При увеличении высоты экрана на 2 м снижение уровней звука в точках не превышает 0,6 дБА, средняя эффективность экрана увеличивается с 6,6 до 6,9 дБА. Подобный шаг не рационален и не решит проблему превышения повышенного шума в ночной период. Превышения по-прежнему будут наблюдаться во всех расчетных точках с максимумом в точке РТ6 – 7,1 дБА.

Анализ влияния здания-стенки и выявление причин повышенного шума в ночной период. Выполнены расчеты ожидаемых уровней шума на рассматриваемой территории с учетом отражения транспортного шума от строящегося

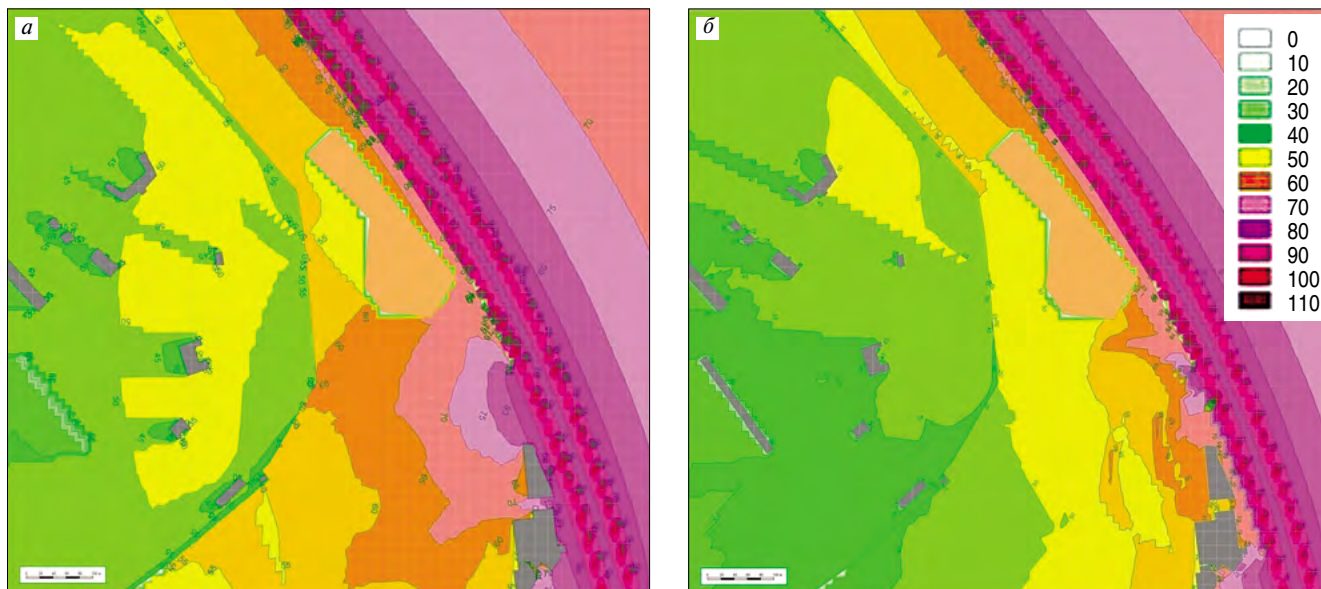


Рис. 3. Карта шума рассматриваемой территории при существующем положении (а) и с реконструированным экраном (б)

здания-стенки. Результаты расчетов эквивалентных уровней звука A (L_{Aeq}) и оценки полученных результатов на соответствие допустимым уровням (ΔL) приведены в табл. 3.

Расчет показывает, что возведение здания-стенки высотой 15 м окажет негативное влияние на акустическую обстановку на территории. Уровни звука A в некоторых расчетных точках могут повыситься на 3,9 дБА.

Для разработки эффективных мероприятий по защите от повышенного шума в ночное время выявлены основные причины превышений. Для этого была построена шумовая карта рассматриваемой местности, из которой видно, что основным источником шума, воздействующим на местность, является недостаточная протяженность экрана, из-за чего автомобильный шум обходит существующий экран справа в районе съезда к автомобильному центру и оказывает влияние на жилую территорию.

Для соблюдения норм в ночной период необходимо увеличение длины шумозащитного экрана и организация контрэкрана в районе съезда. Расчет показывает что для соблюдения санитарных норм достаточно увеличения протяженности экрана [3] на 280 м и организации на ближайшем съезде контрэкрана протяженностью 80 м в соответствии с п. 111.4.8.3 ОДМ 218.2.013–2011 [4]. На рис. 2 приведена схема предлагаемого расположения шумоза-

щитного экрана и контрстенки. На рис. 3 приведены карты шума территории с существующей ситуацией и после увеличения длины экрана и организации контрэкрана в соответствии с рекомендацией ОДМ.

В табл. 4 приведены результаты расчетов с учетом реконструируемого экрана.

Выводы. Исследование показало, что существующий шумозащитный экран высотой 6 м, расположенный вдоль участка МКАД, позволяет полностью исключить превышение допустимых уровней шума на территории в дневной период, но для ночного периода превышение норм достигает 8 дБА.

Проведенное жителями возведение второго шумозащитного экрана высотой 6 м не дает желаемого результата. Дальнейшее увеличение высоты этого экрана до 8 м не позволяет обеспечить соблюдение санитарных норм.

Установлено, что строительство здания-стенки вблизи рассматриваемой территории может оказать негативное влияние на акустическую обстановку и привести к увеличению уровней звука до 3,9 дБА.

Причиной повышенного шума является разрыв в шумозащитном экране в районе съезда с МКАД. Наиболее эффективным способом защитить территорию от транспортного шума является увеличение длины экрана на внешней стороне МКАД с устройством контрэкрана на съезде.

Список литературы

1. АРМ «Акустика» // ООО «ТЕХНОПРОЕКТ»: сайт 2016. URL: <http://www.noiseview.ru/> (дата обращения: 22.03.2016).
2. Цукерников И.Е., Тихомиров Л.А. Сравнение результатов расчета автомобильного шума жилого района г. Москвы, полученных при использовании трех программных средств: Сб. докладов IV Всерос. научно-практической конференции с международным участием. СПб.: БГТУ, 2013. С. 409–419.
3. Benz Kotzen, Colin English. Environmental noise barriers. A guide to their acoustic and visual design. Taylor & Francis, London, New York, 2009. 257 p.
4. ОДМ 218.2.013–2011. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. М.: Технорматив, 2013. 116 с.

References

1. ARM «Acoustic» // ООО «ТЕХНОПРОЕКТ»: web-site 2016. URL: <http://www.noiseview.ru/> (date: 22.03.2016). (In Russian).
2. Tsukernikov I.E., Tikhomirov L.A. Comparison of results of calculation of road noise in a residential area of Moscow, obtained using three software tools. *Proceedings of the 4th Russian scientific-practical conference with international participation*. St. Petersburg, Baltic state technical University, 2013. pp. 409–419. (In Russian).
3. Benz Kotzen, Colin English. Environmental noise barriers. A guide to their acoustic and visual design. Taylor & Francis, London, New York, 2009. 257 p. (In Russian).
4. ODM 218.2.013–2011. Methodicheskie rekomendacii po zashite ot transportnogo shuma territori, priliegaiushih k avtomobilnim dorogam. M.: Tehnornativ, 2013. p. 116.

Архитектурное наследие формирует культурное самосознание и социальную позицию человека

Развитие современной архитектуры немислимо без уважительного обращения к историческому опыту и достижениям сбалансированного, деликатного взаимодействия между традициями и новациями. Уровень профессионализма во многом определяется глубиной предпроектного анализа исходных историко-архитектурных, градостроительных и археологических материалов и тактичной творческой интерпретацией его результатов. В ответ на вызовы времени РААСН постоянно выдвигает в качестве важнейшего направления своей деятельности разработку актуальных проблем изучения и сохранения историко-архитектурного и градостроительного наследия России. 20–22 апреля 2016 г. в Московском архитектурном институте (Государственной академии) состоялось общее собрание членов РААСН-2016.

Показательно нарастание интереса к культурному наследию в нашей стране и все большее осознание важности постоянной заботы о его сохранении. Проводятся соответствующие конференции, советы, съезды. Ведется работа по совершенствованию законодательной базы. Вместе с тем остается масса противоречий и нерешенных вопросов и состояние дел в данной области не может не вызывать серьезного беспокойства. Кардинальной причиной неудовлетворительного состояния охраны наследия является градостроительная политика. В Градостроительном кодексе и на всех уровнях документации территориального планирования отсутствуют требования к сохранению и развитию культурного наследия. В результате развитие культуры не входит в состав обязательных компонентов стратегического развития территорий, в то время как судьбы исторических городов невозможно решить вне планов социально-экономического развития регионов, в том числе развития агломераций.

В течение почти тысячелетней истории развития Российского государства было создано большое количество городов, многие из которых имеют ценные градостроительные ансамбли, храмы, монастыри, крепости, дворцы, интересную планировку, археологические памятники.

Но как в XX в., так и сейчас градостроительные, архитектурные и ландшафтные особенности этих городов подвергаются активному наступлению современной застройки, искажению планировки, в том числе главнейших доминирующих объемов – храмовых комплексов, как, например, в Твери, Иваново, Костроме, Москве и многих других городах.

Впервые необходимость сохранения градостроительного наследия проявилась в ряде директивных документов в 1946–1947 гг. В 1970 г. Постановлением СМ РСФСР «Об утверждении списка городов и других населенных мест, имеющих архитектурные памятники, градостроительные ансамбли и комплексы, являющиеся памятниками национальной культуры, а также сохранившие ансамбли и древний культурный слой земли, представляющие археологическую и культурную ценность» были впервые указаны основные ценностные характеристики исторических городов. В 2001 г. утвержденный список исторических городов составил

478 городов. Современное законодательство формулирует ряд положений об условиях градостроительной и хозяйственной деятельности в историческом поселении (ст. 59 и 60 Федерального закона № 73 «Об объектах культурного наследия народов Российской Федерации» (ред. от 09.03.2016)). Но при этом главным условием учета этих условий является включение реально существующих исторических поселений в списки исторических поселений федерального или регионального значения. В настоящее время в таких списках в соответствии с приказом Министерства культуры РФ № 418 и Министерства регионального развития РФ № 339 от 2010 г. в федеральном списке всего 44 города, в него не вошли даже Переславль-Залесский, Тверь, Москва, Великий Новгород, Псков и много других городов с многовековой историей.

Очевидно, что в то время, пока этот список будет пополняться, может пройти не одно десятилетие и все реально существующие города и сотни исторических сел с их неповторимыми градостроительными ценностями окажутся искажены до неузнаваемости. Необходимы срочные меры по ужесточению законодательства и совершенствованию системы управления:

- включение исторических поселений в разряд объектов культурного наследия (ст. 3 ФЗ № 73 «Об объектах культурного наследия народов Российской Федерации» (ред. от 09.03.2016));
- в кратчайшие сроки утверждение максимально полного списка исторических поселений;
- разработка по всем историческим поселениям конкретных мер по сохранению их градостроительных особенностей в процессе современной градостроительной деятельности.

Без применения таких срочных мер огромный, очень значимый слой культурного наследия России будет утрачен.

Далеко не все ценные памятники архитектуры на сегодняшний день выявлены и поставлены на учет. Многие из них пребывают в небрежении и разрушаются. Особую озабоченность вызывает состояние памятников деревянного зодчества, гибнущих зачастую в пожарах. Требуется дополнительное внимание разработкам и принятию законодательных мер по сохранению архитектурного наследия советского времени, профессиональные достоинства и своеобразия которого стали цениться во всем мире, хотя многие постройки



эпохи авангарда, и 1930–1950-х гг., и так называемого «советского модернизма» перестраиваются и разрушаются.

Оказалась практически разрушенной система существовавших ранее в ряде исторических городов России научно-реставрационных производственных мастерских, проводивших на основании глубоких профессиональных исследований комплексную реставрацию, консервацию и тактическое приспособление памятников архитектуры.

Общее собрание членов РААСН констатирует, что одной из главных задач Академии является формирование мировоззренческих основ современной политики сохранения историко-культурных ценностей и гуманизации среды жизнедеятельности. Для решения этой задачи следует продолжить и расширить фундаментальные исследования в области отечественной истории архитектуры и градостроительства, систем расселения и формирования городов и сельских поселений, которые могут быть положены в основу целенаправленных прикладных разработок актуальных вопросов сохранения, регенерации и органичного развития исторически складывающейся урбанизированной среды. На этих вопросах специализируется бывший подведомственный РААСН Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства – с 2015 г. филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» НИИТИАГ, который нуждается во всемерной поддержке и развитии.

Существенное значение для осмысления культурной самобытности России и национальной самоидентификации имеет полноценное включение отечественного наследия в общую картину всемирно-исторического развития архитектуры и градостроительства. Чрезвычайно важно акцентировать внимание на исконной принадлежности архитектуры к сфере художественной культуры и искусства. Бережное отношение к памятникам, к исторической застройке, культурным ландшафтам требует повышения профессионализма и общекультурного уровня проектной и строительной деятельности, которая не может обходиться без серьезных и ответственных научных исследований и разработок.

Следует активизировать деятельность РААСН по выявлению ценностей и пропаганде архитектурно-градостроительного наследия в средствах массовой информации, рассчитанную как на профессионалов, так и на широкую общественность, представителей бизнеса и властных структур.

Необходимо отладить взаимодействие РААСН с общероссийскими и местными общественными организациями, в первую очередь с региональными советами, по вопросам сохранения культурного наследия, создающимися по поручению Президента России В.В. Путина, включая создание общественного реестра памятников архитектуры и подготовку необходимых поправок в соответствующие федеральные законы и подзаконные акты.

Совместно с Союзом архитекторов РФ и Союзом реставраторов Академия должна принять активное участие в разработке профессиональных стандартов архитектора-реставратора и архитектора-градостроителя, умеющего работать в исторически сло-

жившихся контекстах. Данные стандарты должны быть положены в основу образовательных стандартов по подготовке бакалавров, магистров и аспирантов соответствующего профиля. Целесообразно обратиться в Минобрнауки РФ с предложениями, отражающими существенную специфику подготовки архитекторов, градостроителей, реставраторов и строителей.

Необходимо добиться возвращения права государственным органам охраны памятников согласовывать архитектурные и градостроительные проекты в зонах охраны, исключенное из Градостроительного кодекса РФ (от 30.12.2004), а в ФЗ № 73 «Об объектах культурного наследия народов Российской Федерации» (ред. от 09.03.2016) – вернуть право согласования принимаемых решений Всероссийскому обществу охраны памятников истории и культуры.

Настоятельно необходимо внедрение новых экономических форм управления недвижимостью в сфере наследия. Их отсутствие является одной из причин сохранения негативных тенденций в сфере сохранения наследия.

Следует добиться установления системообразующей роли архитектурно-градостроительного наследия в туристической отрасли с учетом их тесного экономического взаимодействия. Необходимо разработка соответствующей стратегии развития отрасли.

Всемерного развития требует комплексная деятельность технологической платформы «Строительство и архитектура» с приоритетом сектора «Культурное наследие», за который отвечает РААСН.

Важнейшими задачами являются разработка ГИС-технологий мониторинга объектов культурного наследия и привлечение передовых неразрушающих, экологических и продлевающих жизненный цикл объектов культурного наследия строительных технологий и материалов.

Следует признать целесообразным введение государственной оценки эффективности работ регионов по сохранению и учету объектов культурного наследия.

Насущной необходимостью является преодоление ведомственных барьеров для оперативного и успешного решения множества вопросов, связанных с сохранением и модернизацией в целях приспособления для современного использования историко-архитектурного и градостроительного наследия. Министерство культуры РФ не может не взаимодействовать по этим вопросам с Минстроем и ЖКХ РФ, Минэкономразвития РФ, Минприроды РФ, Минтранспорта РФ и т. д.

РААСН, разрабатывая научные аспекты указанной проблемы, должна активизировать сотрудничество с РАН, РАН, РАО, научно-исследовательскими институтами Минкультуры РФ, а также с обширной сетью образовательных учреждений Минобрнауки РФ.

Исходя из такой необходимости Общее собрание считает целесообразным подготовить предложения о создании под научно-методическим руководством РААСН Научного центра «Изучения и сохранения архитектурного наследия и культурных ландшафтов России».



УДК 69.003:728.1

С.Г. ШЕЙНА, д-р техн. наук, Е.Н. МИНЕНКО, инженер (minenkoevgenija@rambler.ru)
Ростовский государственный строительный университет (344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162)

Методика выбора организационно-технологических ресурсосберегающих решений в жилищном строительстве по многокритериальной системе оценки

Рассмотрены основные положения предложенной авторами методики выбора оптимальных организационно-технологических ресурсосберегающих решений в жилищном строительстве на основе многокритериальной системы оценки. Основу данной методики составляет оценка стоимости жизненного цикла здания и устойчивости, достигаемой им при реализации различных вариантов энергоресурсосберегающих мероприятий. Авторами были разработаны группы факторов и характеризующие их критерии экологической, экономической и социальной устойчивости жилых зданий, а также введено понятие интегрального показателя устойчивости, рассчитываемого суммированием полученных значений ценности всех рассматриваемых критериев. Отмечены особенности предложенного подхода и его преимущества перед другими методиками. Применение данной методики для выбора оптимальных организационно-технологических ресурсосберегающих решений в жилищном строительстве будет способствовать экологизации строительной отрасли и ее переходу на принципы устойчивого развития.

Ключевые слова: энергоресурсосбережение, жилищное строительство, устойчивое развитие, интегральный показатель устойчивости здания.

S.G. SHEINA, Doctor of Sciences (Engineering), E.N. MINENKO, Engineer (minenkoevgenija@rambler.ru)
Rostov State University of Civil Engineering (RSUCE), (162, Socialisticheskaya Street, Rostov-na-Donu, 344022, Russian Federation)

Methods for Choosing Organizational-Technological Resource Saving Solutions in Housing Construction by Multi-Criteria Evaluation System

The article considers the main provisions of methods proposed by authors for choosing optimal organizational-technological resource saving solutions in housing construction on the basis of the multi-criteria evaluation system. The base of this system is an evaluation of the cost of life cycle of a building and its stability reached by it in the course of realization of various variants of energy-resource saving measures. The authors have developed the group of factors and characterizing them criteria of ecological, economical, and social stability of residential buildings as well as introduced the concept of integrated value of stability calculated by summarization of obtained values of importance of all the criteria obtained. Peculiarities of the proposed approach and its advantages over other methods are noted. The use of this methodology for choosing optimal organizational-technological resource saving solutions in housing construction will promote the ecologization of the building industry and its transition to the principles of sustainable development.

Keywords: energy-resource saving, housing construction, sustainable development, integrated value of building stability.

Энергоресурсосбережение – одна из важнейших задач, стоящих перед жилищным строительством нашей страны. Важность решения этой проблемы обуславливает актуальность разработки и обоснования методик выбора ресурсосберегающих решений, реализация которых обеспечит высокую степень энергоэффективности и комфортности зданий [1, 2].

Российские и зарубежные ученые сходятся во мнении, что современные эффективные ресурсосберегающие мероприятия должны не только решать задачу экономии энергии и других ресурсов, но и повышать уровень комфортности зданий, качество жизни людей, способствовать сохранению окружающей среды и здоровья человека в течение всего срока службы здания [3, 4]. Таким образом, внедрение энергоресурсосберегающих технологий должно быть обосновано как с точки зрения непосредственного со-

кращения объемов потребления ресурсов, так и в экономическом, экологическом и социальном плане.

Целевой функцией формирования плана ресурсосбережения на строительном объекте является определение среди множества альтернативных вариантов такого набора ресурсосберегающих решений, который при существующих ограничениях обеспечит наименьшую стоимость жизненного цикла здания при максимальной степени его экологичности, уровня энергоэффективности и комфортности. С учетом принятых допущений нами была предложена методика выбора оптимальных организационно-технологических энергоресурсосберегающих решений на основе многокритериальной системы оценки. В ее основе лежит анализ затрат на реализацию ресурсосберегающих мероприятий, связанных с ними будущих эксплуатационных затрат и получаемых от реализации намеченных мероприятий

Таблица 1

Факторно-критериальная оценка устойчивости строительного объекта

Факторы устойчивости (i)	Экологические	Социальные	Экономические
Вес фактора	$w_1 = 0.33$	$w_2 = 0.33$	$w_3 = 0.33$
Критерии устойчивости (j)	Энергосбережение и энергоэффективность X_{11}	Формирование безопасной среды для жизнедеятельности человека X_{21}	Снижение эксплуатационных затрат X_{31}
	Применение альтернативных источников энергии X_{12}	Учет принципов эргономичности при проектировании здания X_{22}	Показатель эффективности энергосберегающих мероприятий с учетом тарифов на энергию X_{32}
	Сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу X_{13}	Доступность объекта и условия жизнеобеспечения для маломобильных групп населения X_{23}	Показатель сравнительной эффективности энергосбережения X_{33}
	Рациональное водопользование X_{14}	Видеоэкология, улучшение визуальной среды города X_{24}	Чистый дисконтированный доход X_{34}
	Способы обращения с бытовыми отходами X_{15}		
	Применение материалов и изделий, имеющих экологический сертификат соответствия X_{16}	Благоустройство и озеленение прилегающей территории X_{25}	Срок окупаемости X_{35}
Внутренняя норма доходности X_{36}			

социальных и экологических эффектов. Данная методика предполагает последовательное выполнение следующих пяти этапов.

Этап 1. Сбор данных о будущем объекте и территории строительства.

Включает в себя формирование исходных данных об объекте на основе увязки пожеланий заказчика и общих требований, предъявляемых к проектируемым зданиям, в том числе: место строительства, этажность, материал стен, уровень энергоэффективности объекта, требуемые санитарно-гигиенические параметры, ограничение по стоимости строительства и (или) стоимости владения и др.

Этап 2. Подбор энергоресурсосберегающих ландшафтных, архитектурных, объемно-планировочных, конструктивных решений и инженерных систем, оборудования, которые могут быть реализованы в данных условиях, и формирование из них групп альтернативных вариантов.

Этап 3. Оценка стоимости жизненного цикла здания по вариантам в соответствии с положениями методики расчета жизненного цикла жилого здания с учетом стоимости совокупных затрат Национального объединения проектировщиков.

Данный этап включает учет статей расходов и расчет следующих показателей:

1) единовременные затраты на проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию и утилизацию здания;

2) периодические затраты на обслуживание здания, отопление, горячее и холодное водоснабжение, электрическую энергию, текущий и капитальный ремонт по каждому варианту.

Для упрощения расчетов целесообразно применять ресурсно-технологические модели и данные об эксплуатационных затратах по объектам-аналогам [5, 6].

Этап 4. Расчет интегрального показателя устойчивости здания.

Данный этап предусматривает оценку устойчивости, достигаемой зданием за счет реализации ресурсосберегающих решений. Для этого в соответствии с положениями концепции устойчивого развития выделим три группы факторов

Таблица 2
Примеры определения весов критериев устойчивости здания

Наименование критерия устойчивости	Показатель, характеризующий критерий	Значение показателя	Вес критерия
Энергосбережение и энергоэффективность X_{11}	Класс энергоэффективности здания	A	$X_{11}=1$
		V++	$X_{11}=0,5$
		V+	$X_{11}=0,3$
		V	$X_{11}=0,1$
		C	$X_{11}=0$
Применение альтернативных источников энергии X_{12}	Доля альтернативных источников энергии в общем энергопотреблении здания	> 50%	$X_{12} = 1$
		16-50%	$X_{12} = 0,6$
		1-15 %	$X_{12} = 0,3$
		0 %	$X_{12} = 0$
Рациональное водопользование X_{14}	Применение дождевой воды для хозяйственного водоснабжения	да	$X'_{14}=0,3$
		нет	$X'_{14} = 0$
	Снижение потребления питьевой воды	на 30%	$X''_{14}=0,5$
		на 10–30%	$X''_{14}=0,2$
0%	$X''_{14}=0$		
Применение материалов и изделий, имеющих экологический сертификат соответствия X_{16}	Наличие экологического сертификата на применяемую продукцию	на всю	$X_{16}=1$
		на часть	$X_{16}=0,6$
		нет	$X_{16}=0$
Учет принципов эргономичности при проектировании здания X_{22}	Проектирование выполняются в соответствии с возможностями органов чувств, деятельностью, размером и поведением людей	да	$X_{22}=1$
		нет	$X_{22}=0$
Снижение эксплуатационных затрат X_{31}	Эксплуатационные затраты снижены по сравнению с обычным зданием на	$\geq 50\%$	$X_{21}=1$
		10–50%	$X_{21}=0,5$
		< 10%	$X_{21}=0$
Показатель эффективности энергосберегающих мероприятий с учетом тарифов на энергию (d) X_{32}		$d > 0$	$X_{32}=1$
		$d = 0$	$X_{32}=0,5$
		$d < 0$	$X_{32}=0$
Чистый дисконтированный доход (ЧДД) X_{34}		ЧДД>0	$X_{34} = 1$
		ЧДД=0	$X_{34} = 0,5$
		ЧДД<0	$X_{34} = 0$
Внутренняя норма доходности (IRR) X_{36}		$r < IRR$	$X_{36}=1$
		$r = IRR$	$X_{36}=0,5$
		$r > IRR$	$X_{36}=0$

устойчивости жилых зданий – экологические, социальные и экономические, весомость которых может быть установлена методом экспертных оценок с учетом степени их влияния на общий показатель устойчивости строительного объекта, а также конкретных условий строительства [7].

На основе анализа современных систем рейтинговой оценки зеленого строительства, а также существующих тенденций и проблем в части обеспечения внутренней и внешней комфортности зданий нами был сформулирован перечень основных критериев по каждой группе факторов, которые могут быть использованы для оценки устойчивости зданий на первоначальном этапе перехода строительной отрасли на стандарты устойчивости среды обитания (табл. 1).

Весомость критериев устойчивости строительного объекта определяется в долях единицы от 0 до 1. Значение «0» характеризует низкую степень выраженности данного критерия; «1» – высокую степень; значения от 0,1 до 0,9 – средние значения выраженности критериев. В табл. 2 приведены примеры определения весомости критериев в зависимости от значений характеризующих их показателей.

Приведенный в табл. 2 показатель эффективности энергосберегающих мероприятий с учетом тарифов на энергию может быть рассчитан по формуле:

$$d = \sum_{t=1}^T \left(\frac{C_t \cdot \Delta E_t}{(1+r)^t} \right) - \sum_{t=0}^T \frac{I_t + O_t}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

где ΔE_t – объем энергии, сэкономленный в т-м году;

r – ставка дисконтирования;

T – жизненный цикл проекта;

I_t – объем капиталовложений в т-м г.;

O_t – эксплуатационные затраты в т-м г.;

C_t – величина тарифа на энергию [8].

Внутренняя норма доходности рассчитывается по классической формуле:

$$-K + \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+IRR)^t} = 0, \quad (2)$$

где K – первоначальные капиталовложения;

R_t – получаемая экономия энергии в стоимостном выражении в т-м г.;

T, r – то же, что и формуле (1).

В результате расчета и обработки полученных данных устанавливается степень значимости (ценность) каждого критерия устойчивости путем перемножения весомости критериев на вес соответствующего фактора устойчивости. Суммирование полученных значений ценности всех рассматриваемых критериев позволяет получить искомый интегральный показатель устойчивости строительного объекта:

$$S_{уст} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \times w_i \times 100, \quad (3)$$

где $S_{уст}$ – показатель устойчивости объекта в баллах;

i – группа факторов устойчивости;

m – количество факторов устойчивости;

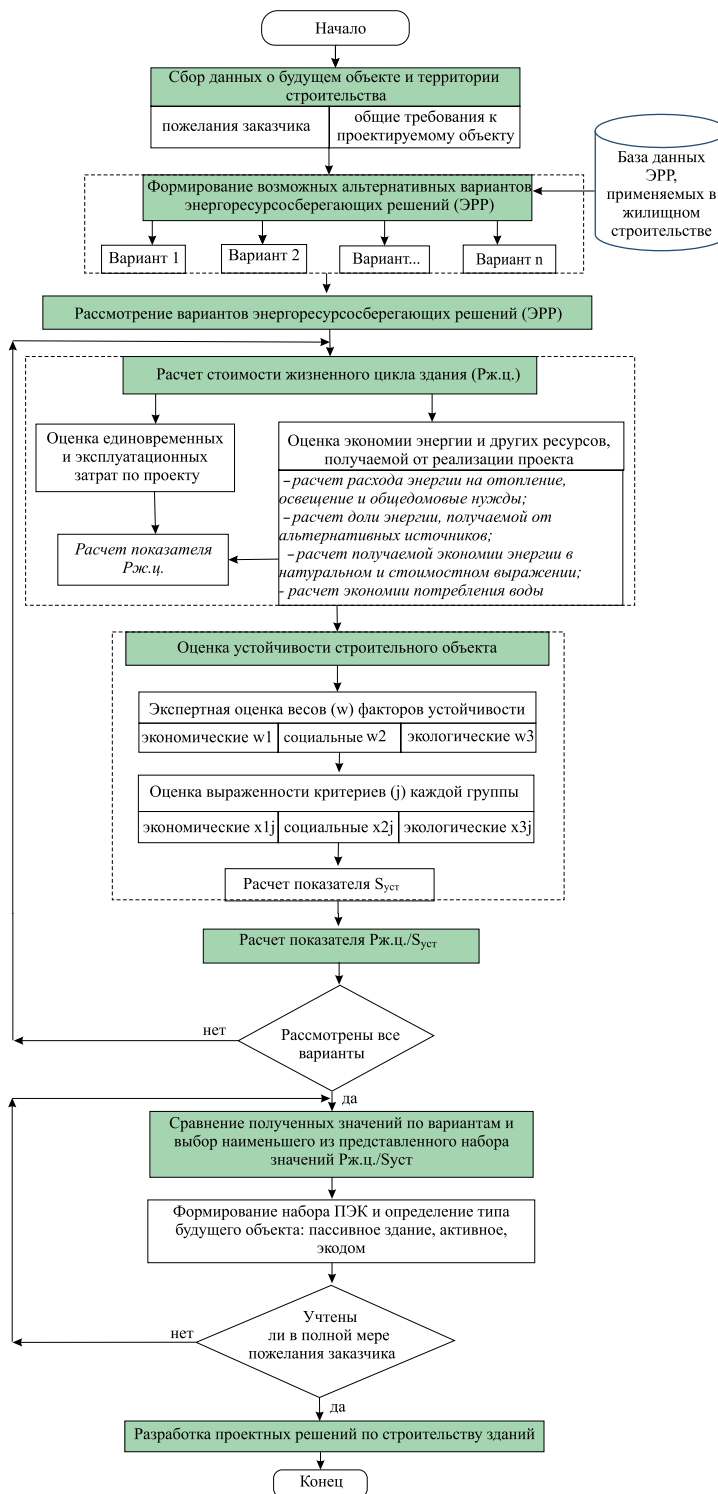


Рис. 1. Алгоритм выбора наилучшего варианта ресурсосберегающих решений

j – критерий устойчивости;

n – количество показателей j -го критерия;

X_{ij} – значимость j -го критерия i -фактора устойчивости;

w_i – весомость i -го фактора.

Этап 5. Расчет отношения стоимости жизненного цикла здания к интегральному показателю устойчивости по каждому варианту и поиск минимального значения из полученного набора данных. Формирование набора параметров эксплуатационных качеств будущего здания, определение

типа экологичного здания. Разработка необходимых организационно-технологических мероприятий для реализации намеченных проектных решений.

Общий вид алгоритма нахождения наилучшего варианта ресурсосберегающих решений в соответствии с предложенной методикой представлен на рис. 1.

Предложенная методика выбора ресурсосберегающих решений в жилищном строительстве позволяет наиболее полно по сравнению с другими методиками учесть затраты, связанные с их реализацией, так как в ее основе лежит расчет затрат всего жизненного цикла здания. Другим важным преимуществом данной методики является баланс экономических, экологических и социальных интересов общества при выборе энергоресурсосберегающих решений. Такой подход к ресурсосбережению обеспечивает внедрение в практику проектирования и строительства современных экологических технологий и материалов, принципов устойчивого развития.

Список литературы

1. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 7–9.
2. Самарин О.Д. О методике оценки энергоэффективности зданий // *Экологические системы: электронный журнал энергосервисной компании*. 2008. № 4. http://esco-ecosys.narod.ru/2008_4/art156.htm (дата обращения 20.01.2016).
3. Грабовый П.Г., Манухина Л.А. Национальная стратегия внедрения энергоресурсов и экологически безопасных (зеленых) технологий и производств в строительство и ЖКХ // *Недвижимость: экономика, управление*. 2014. № 1–2. С. 6–8.
4. Шеина С.Г., Виганд Д., Миненко А.Н. Экологическая составляющая концепции устойчивого развития в проектах энергетической санации жилых зданий // *Научное обозрение*. 2014. № 7–2. С. 583–586.
5. Петров К.С., Вонгай А.О., Саковская К.А. Повышение тепловой защиты зданий различных назначений в условиях городской застройки // *Науковедение: интернет-журнал*. Том 7. № 3 (2015). <http://naukovedenie.ru/PDF/109TVN315.pdf> (дата обращения 01.04.2016).
6. Шеина С.Г., Миненко Е.Н., Федяева П.В. Экспериментально-теоретические исследования энергосбережения в жилищном фонде муниципальных образований // *Научное обозрение*. 2014. № 11–2. С. 419–424.
7. Бегун Т. В. Устойчивое развитие: определение, концепция и факторы в контексте моногородов. *Экономика, управление, финансы: Материалы II международной научной конференции*. Пермь: Меркурий, 2012. С. 158–163.
8. Качан Ю.Г., Братковская Е.А. Об экономической целесообразности проектов энергосбережения и ее обеспечения // *Новости научной мысли / Экономические науки: Материалы II международной научно-практической конференции*. 2008. С. 35847–35848. http://www.rusnauka.com/29_NNM_2008/Economics.htm (дата обращения 11.08.2014).
2. Samarina O.D. On the methodology of assessing the energy performance of buildings // *Ekologicheskie sistemy: elektronnyi zhurnal energoservisnoi kompanii*. 2008. No 4. http://esco-ecosys.narod.ru/2008_4/art156.htm (date of access 20.01.2016). (In Russian).
3. Grabovyi P.G., Manukhina L.A. The national strategy for the implementation of energy and environmentally friendly (green) technologies and industries in construction and housing communal services. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie*. 2014. No. 1–2, pp. 6–8. (In Russian).
4. Sheina S.G., Vigan D., Minenko A.N. Environmental component of the concept of sustainable development in energy projects, sanitation of residential buildings // *Nauchnoe obozrenie*. 2014. No. 7–2, pp. 583–586. (In Russian).
5. Petrov K.S., Vongai A.O., Sakovskaya K.A. Increased thermal protection of different assignments buildings in conditions of the city // *Naukovedenie: internet-zhurnal*. Tom 7. No. 3 (2015). <http://naukovedenie.ru/PDF/109TVN315.pdf> (date of access 01.04.2016). (In Russian).
6. Sheina S.G., Minenko E.N., Fedyayeva P.V. Experimental and theoretical study on energy conservation in housing municipal entities. *Nauchnoe obozrenie*. 2014. No. 11–2, pp. 419–424. (In Russian).
7. Begun T.V. Sustainable development: concept definition and factors in the context of single-industry towns. *Economics, management, finance: Proceedings of the II International Scientific Conference*. Perm': Merkurii. 2012, pp.158-163.
8. Kachan Yu.G., Bratkovskaya E.A. The cost-effectiveness of energy saving projects and its providing. *News of scientific thought. Economics: Materials II international scientific-practical conference*. 2008, pp. 35847–35848. http://www.rusnauka.com/29_NNM_2008/Economics.htm (date of access 11.08.2014).

References

1. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Quantitative Assessment of Energy Efficiency of Energy Saving Measures. *Stroitelnye materialy* [Constructin Materials].2013. No. 6, pp. 7–9. (In Russian).

Подписка на электронную версию



Актуальная информация для всех работников
строительного комплекса

СТРОИТЕЛЬСТВО

<http://rifsm.ru/page/5/>

Участники конкурса «ЗЕЛЕНЬ ПРОЕКТ 2015/16» — будущее устойчивого развития России

Современные мировые реалии обуславливают развитие новых экономических моделей, предусматривающих внедрение «зеленых» технологий. Они стали основой политики многих государств. В России также создаются необходимые законодательные предпосылки для развития экологически ориентированной экономики. В 2012 г. утверждены Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г. В 2014 г. приняты законы, формирующие основу для перехода отраслей экономики на наилучшие доступные технологии и создание современной индустрии обращения с отходами. Первая Международная выставка-форум «ЭКОТЕХ 2016», организованная Минприроды РФ, состоявшаяся 26–29 апреля 2016 г. в Крокус Экспо, призвана выявить направления развития экологически эффективной экономики, стать практическим инструментом презентации зарубежных и российских инновационных экологических разработок и эффективным дискуссионным пространством.

Международная выставка-форум «ЭКОТЕХ 2016» проходила под девизом «Зеленая экономика – основа устойчивого развития!»; тематической направленностью выставки был обусловлен выбор места встречи участников и партнеров конкурса «Зеленый проект», церемония награждения победителей которого состоялась 28 апреля.

В этом году в конкурсе «Зеленый проект» было выделено три номинации: «Архитектура чрезвычайных ситуаций», «Архитектура высоких широт», «Архитектура без преград», также по инициативе читателей портала «Строительный эксперт» была учреждена специальная номинация на лучшую публикацию, посвященную зонам особого проектирования.

Важность внедрения в строительство зеленых материалов, технологий и принципов проектирования подтверждает тот факт, что ежегодно проведение конкурса поддерживают крупнейшие производители строительных материалов, поставщики оборудования и технологий, программного обеспечения. В этом году партнерами конкурса стали компании КНАУФ, НР, «ИЗОВОЛ», «ФЕНИКС КЛИНКЕР», 3D SOL и «Блицард Люфттехник». Также официальную поддержку конкурсу оказали Комитет по архитектуре и градостроительству города Москвы, АРХСОВЕТ Москвы, Департамент градостроительной политики Москвы, Главное управление архитектуры и градостроительства Московской области, Российская академия архитектуры и строительных наук, Союз московских архитекторов, Московский государственный строительный университет, Международная строительно-интерьерная выставка BATIMAT RUSSIA.

Экспозиция конкурсных проектов, развернутая в рамках выставки «ЭКОТЕХ» привлекла внимание представителей правительственных структур Москвы и регионов, вызвала живой интерес у посетителей и участников выставки.

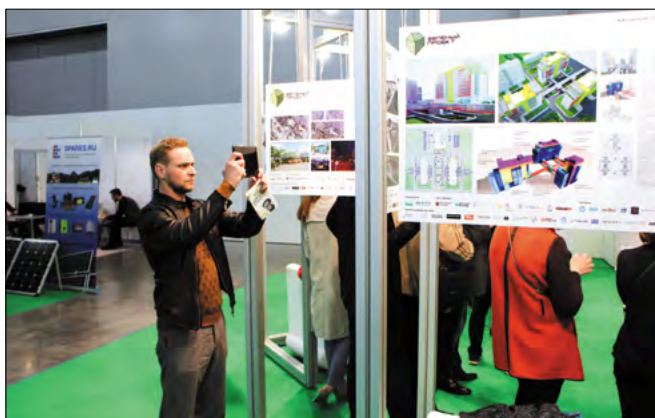
Благодаря участию и поддержке группы **КНАУФ СНГ** конкурс «Зеленый проект» стартовал в 2010 г. и ежегодно демонстрирует преимущества «зеленой» архитектуры и «зеленого» строительства – нового, экологически осмысленного объединения архитектурной идеи и строительных технологий.

Выступая на церемонии награждения победителей, руководитель службы корпоративных коммуникации группы КНАУФ СНГ Л.М. Лось отметил, что активно международные и российские стандарты «зеленого» строительства стали применяться в России благодаря олимпийским стройкам и возведению объектов к Чемпионату мира по футболу. Компания КНАУФ производит строительные и отделочные материалы на основе природного гипса и переработанной макулатуры на российских предприятиях, отвечающих жестким требованиям экологической безопасности. Материалы КНАУФ поставляются на самые ответственные и престижные стройки, и эти же материалы используют рядовые граждане для личных нужд. Это непосредственный вклад КНАУФ в устойчивое развитие страны. Применение экологически чистых стройматериалов имеет важное значение в оценке здания по «зеленым» стандартам. Например, по германскому стандарту экоустойчивого строительства DGNG стройматериалы в этой оценке занимают 75%.

Компания HP (Hewlett-Packard) стала партнером конкурса впервые. В качестве призов победителям конкурса были предоставлены новейший широкоформатный принтер HP DesignJet и ноутбуки HP. И. Толпегина – менеджер по маркетингу широкоформатных принтеров HP в Восточной Европе отметила, что компания всегда готова поддерживать профессиональные архитектурные конкурсы, так как считает, что профессионалы высокого уровня, которыми являются призеры «Зеленого проекта», должны использовать в своей работе только высокопрофессиональную компьютерную технику и полиграфическое оборудование.

В состав жюри конкурса «Зеленый проект» вошли:

- А.Н. Ремизов – председатель правления некоммерческого партнерства «Совет по зеленому строительству» (председатель жюри).
- А.В. Кузьмин – президент Российской академии архитектуры и строительных наук, генеральный директор ОАО НИЦ «Строительство»;
- П.А. Казанцев – кандидат наук, профессор кафедры архитектуры и градостроительства Дальневосточного федерального университета, член Союза архитекторов России, лауреат премии «The Energy Globe World Award 2010»;



– Р.В. Леонидов – руководитель мастерской «Леонидов и партнеры», член правления Союза московских архитекторов;

– О.С. Субботин – доктор архитектуры, профессор кафедры архитектуры Кубанского государственного аграрного университета, член Союза архитекторов России, действительный член Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), действительный член Международной академии архитектуры (МААМ), почетный архитектор России.

В течение года на конкурс поступило 96 проектов. На суд жюри было представлено 80 проектов, выполненных российскими архитекторами из 26 городов России и 4 городов Украины (Киев, Донецк, Одесса, Днепрпетровск).

Кропотливо и всесторонне оценив представленные работы, члены жюри отдали свои голоса тем авторам, чьи проекты максимально отвечают задачам конкурса и демонстрируют достойные архитектурные идеи и конструктивные решения.

Призерами конкурса «Зеленый проект 2015/16» стали:

1. Авторский коллектив ООО «Реформа»: **Иван Бакушин, Алексей Иванов, Станислав Кондратьев** с проектом «**Общешитие для работников предприятия**» в номинации «Архитектура чрезвычайных ситуаций» (сертификат на получение ноутбука HP 250 G4 15,6 и диплом за I место).

2. Авторский коллектив из МАРХИ и ГУЗ: **Максим Матвеев, Дарья Любакова** с проектом «**Реорганизация Славянской площади в г. Москве**» в номинации «Архитектура без преград» (сертификат на получение ноутбука HP 250 G4 15,6 и диплом за I место).

3. Авторский коллектив АО «Сити-Арх»: **Антон Лукомский, Алексей Кожаев, Михаил Кошпаев** с проектом «**Детский сад нового типа на 220 детей по адресу: ХМАО-Югра, г. Белоярский, микрорайон 3А**» в номинации «Архитектура высоких широт» (сертификат на главный приз конкурса – плоттер HP Design Jet T 730 36-in Printer и диплом за I место).

Три лучшие студенческие работы в каждой номинации были отмечены грамотами РААСН. В номинации «Архитектура чрезвычайных ситуаций» – авторский коллектив: **Елизавета Огреба, Егор Верстов**, студенты Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета за проект «**Модульный дом для территорий с неблагоприятными природными условиями**».

В номинации «Архитектура высоких широт» – **Елизавета Черножукова**, студентка Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина за проект «**Плавучая научно-исследовательская станция в Арктике**».

В номинации «Архитектура без преград» – **Дарья Бабкина**, студентка Московского государственного университета дизайна и технологий за проект «**Концептуальный проект интерьеров и прилегающей территории завода по переработке молока «Белое озеро»**».

Специальным призом от компании 3D SOL был награжден ведущий архитектор компании КГЦМ **Дмитрий Григорьев** за проект «**Birdhouse_01**», г. Новосибирск. Приз – 3-D макет авторского проекта «Birdhouse_01» – вручал **И. Телицин**, руководитель отдела развития компании 3D SOL. Оригинальный приз демонстрирует широкие возможности технологий 3D-моделирования при воспроизведении архитектурных проектов с любой степенью детализации.

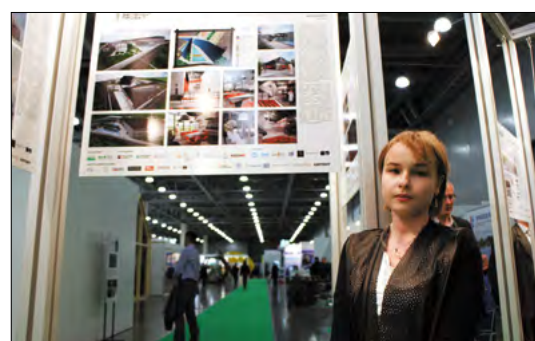
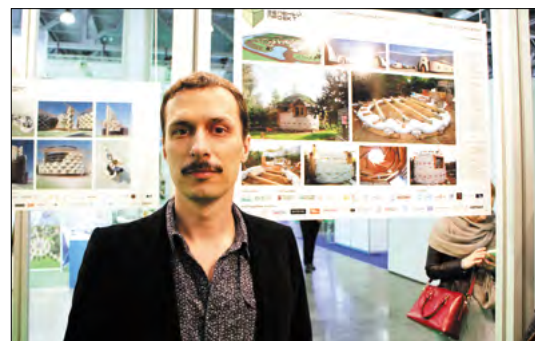
Специальный приз от ИД «Строительный эксперт» – годовая подписка на журнал «Технологии строительства» был вручен **Илье Сибирякову** за реализованный проект «**Экспериментальный купол из рукава с грунтом (earthbag) в Подмоскowie**».

В прошлом году в конкурсе «Зеленый проект 2015/16» появилась новая номинация «Лучшая публикация». Ее появление обусловлено тем, что идей «зеленого» строительства как составляющей устойчивого развития должны проникнуться не только «продвинутые» архитекторы, но и все профессиональное сообщество, что возможно только с помощью широкого освещения вопросов создания безопасной, экологичной, гуманной и «зеленой» среды обитания в СМИ. К участию в новой номинации приглашались все желающие, независимо от сферы занятий, возраста и страны проживания, как лично авторы, так и издательства. Всего оргкомитет получил 27 статей.

По решению специального жюри, в которое вошли главные редакторы ведущих строительных изданий, I место в номинации «Лучшая публикация» занял **Борис Александрович Скупов**, кандидат технических наук, магистр Международной федерации инженеров-консультантов, заслуженный архитектор России.

Кроме основных наград и дипломов всем победителям и партнерам конкурса были вручены книги «Градостроительство в тени Сталина». Издание подготовлено профессором архитектуры Харальдом Боденшатцем (Германия) и издано в России на русском языке при поддержке компании КНАУФ. Книга показывает уникальный период строительства в Советском Союзе (1930–1940-е гг.) в интерпретации зарубежного специалиста.

Редакция журнала «Жилищное строительство» желает всем участникам конкурса «Зеленый проект» профессиональных успехов, воплощения в жизнь самых смелых зеленых проектов.



Традиционная награда конкурса «Зеленый проект» – А.И.С.Т., аббревиатура которой, по мнению организаторов конкурса, означает: «Архитектура. Инновации. Строительство. Технологии».

УДК 504.054

Т.Ф. ЕЛЬЧИЩЕВА, канд. техн. наук (elschevat@mail.ru)

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

Динамика содержания примесей в воздухе Центрально-Черноземного региона для проектирования наружных ограждающих конструкций зданий

Одним из факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на внешний вид, эксплуатационные качества и долговечность наружных ограждающих конструкций, является загрязнение воздушной среды городов и сельских поселений примесями загрязняющих веществ, способных в виде растворов солей и газов накапливаться в материале наружных стен и облицовки. Загрязнения выделяются естественными и антропогенными источниками, в том числе при применении строительных материалов с большими первичными энергетическими затратами на производство. В работе дана оценка динамики выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух за периоды с 2007 по 2011 и с 2012 по 2014 г. Выявлено, что среднегодовое значение величины выбросов практически не изменилось, но произошло их перераспределение в отдельных городах региона. Информация представлена наглядно в виде карт с нанесенными изолиниями уровней загрязнения и полезна для оценки критерия надежности проектного решения строительной системы.

Ключевые слова: воздушная среда, загрязняющие вещества, наружные стены, строительные материалы, уровни загрязнения.

T.A. EL'CHISHCHEVA, Candidate of Sciences (Engineering) (elschevat@mail.ru)
Tambov State Technical University (106, Sovetskaya Street, 392000, Tambov, Russian Federation)

Dynamics of Admixtures Content in Air of Central Black Earth Economic Region for Designing of External Enclosing Structures of Buildings

One of the factors adversely influencing on the appearance, operation qualities and durability of external enveloping structures is air pollution of cities and rural settlements with impurities of pollutants capable to accumulate, in the form of solutions of salts and gases, in the material of external walls and claddings. Pollutants are emitted by natural and anthropogenic sources including the use of building materials with large energy expenditure for production. The paper evaluates the dynamics of pollutant emissions in the atmospheric air during 2007–2011 and 2012–2014. It is revealed that the average annual value of emissions didn't practically change but there was their redistribution in some cities of the region. The information is presented in the form of maps with plotted contours of pollution levels and is useful for assessing the reliability criterion of a design solution of the construction system.

Keywords: air environment, pollutants, external walls, building materials, pollution levels.

Загрязнение воздушного бассейна городов и населенных пунктов пылью и промышленными газами неблагоприятно сказывается на состоянии и долговечности наружных ограждающих конструкций зданий, находящихся в сложных условиях эксплуатации на разделе внешней и внутренней среды [1], и крепежных элементов систем наружного утепления вентилируемых фасадов с воздушным зазором [2]. Загрязнение воздушной среды связано с ростом производственного потенциала РФ и увеличением различных потребностей населения и вызывается работой предприятий по добыче полезных ископаемых и других природных ресурсов [3], промышленных, топливно-энергетических, сельскохозяйственных предприятий, транспортной отрасли – это антропогенное происхождение примесей в воздухе. Эрозия почвы и выпадение космической пыли представляют собой источники природного происхождения примесей.

Для объектов жизнеобеспечения, в список которых входят предприятия теплоэнергетического комплекса и другие уникальные объекты, в работе [4] предложен подход и со-

ставлен перечень критериев, определяющих уровень безопасности объекта, позволяющий предварительно оценить и принять своевременное решение по снижению затрат при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Представленный авторами алгоритм можно использовать и на объектах строительства, не связанных с системами жизнеобеспечения, применительно к жилым, общественным, промышленным и сельскохозяйственным зданиям, и при термомодернизации зданий. Для указанных групп зданий действителен перечень критериев инженерной устойчивости, приведенный авторами (пожаробезопасность, физическая безопасность, надежность инженерно-технических систем, надежность проектного решения, технологическая безопасность), а также критерии функциональной устойчивости (уровень автоматизации, сырьевая безопасность, энергетическая безопасность и безопасность труда).

Для безотказной работы наружных ограждающих конструкций в условиях неблагоприятного влияния средовых факторов можно выделить высокое значение критерия фи-

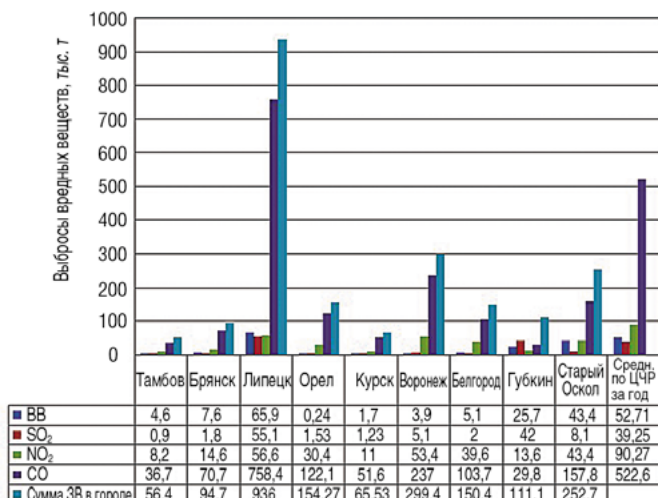


Рис. 1. Суммарное количество ЗВ в воздухе городов ЦФР за период 2012–2014 гг.

зической безопасности, включающего состояние несущих конструктивных элементов и выполнение ими своих функций, наличие повреждений и дефектов, а также критерий надежности проектного решения, обеспечивающий запланированную долговечность применяемого конструктивного решения.

Критерий надежности проектного решения назначенной строительной системы, по определению авторов [5], включающей сочетание отдельных материалов наружной ограждающей конструкции, должен обеспечивать ее соответствие требованиям нормативных документов на стадии проектирования.

Однако это не является надежной гарантией безотказной работы указанной системы вследствие возможно-

го незапланированного изменения технического решения строительными подрядными организациями и замены строительных материалов при капитальном ремонте [6] и строительстве здания. Особое место при выборе проектного решения должно уделяться применению таких строительных материалов, которые имеют низкие первичные энергетические затраты на производство, что позволяет снизить расходы на топливно-энергетические ресурсы и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду за счет уменьшения выбросов в атмосферу [7].

Загрязняющие вещества атмосферы оказывают негативное влияние на состояние наружных ограждающих конструкций, вызывая изменение внешнего вида стеновых материалов вследствие воздействия конечного продукта окисления примесей при воздействии кислорода и влаги атмосферного воздуха – неорганических гигроскопических солей. Образование высолов на поверхности и в толще ограждающих конструкций приводит к деструкции стеновых материалов и снижению тепло- и влагозащитных функций.

В работе [1] представлены характеристики и выявлены уровни загрязнения воздушной среды Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) площадью 227,3 тыс. км² за период с 2007 по 2011 г. Целью настоящего исследования является оценка динамики загрязнения указанной территории на основе сравнения известных показателей с данными наблюдений за состоянием воздушной среды управлениями по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в 2012–2014 гг.

Наблюдения в 2012 и 2013 гг. велись на 35 метеорологических станциях на сети УГМС и трех ведомственных станциях. К 2014 г. на сети УГМС осталось 34 станции. Замеры загрязняющих веществ (ЗВ) производились в областных центрах – Белгороде, Брянске, Воронеже, Курске, Липецке,

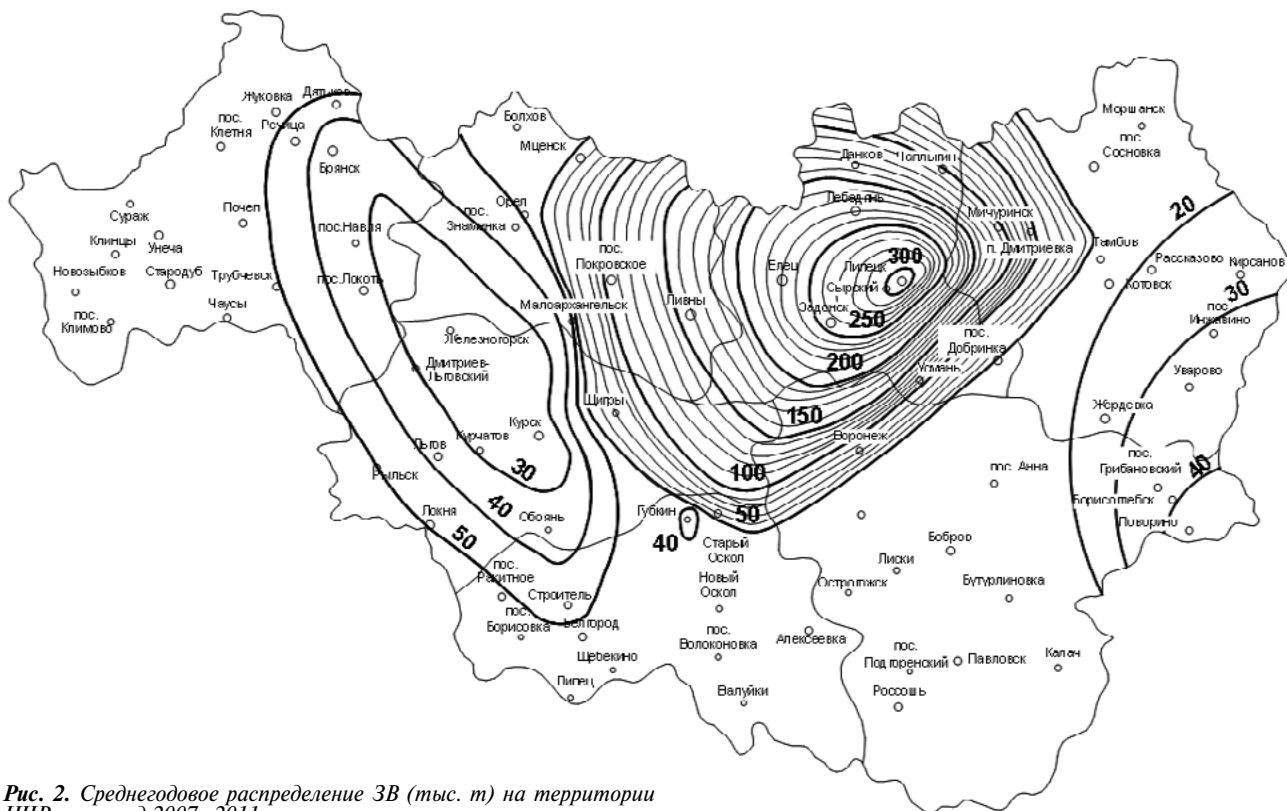


Рис. 2. Среднегодовое распределение ЗВ (тыс. т) на территории ЦФР за период 2007–2011 гг.

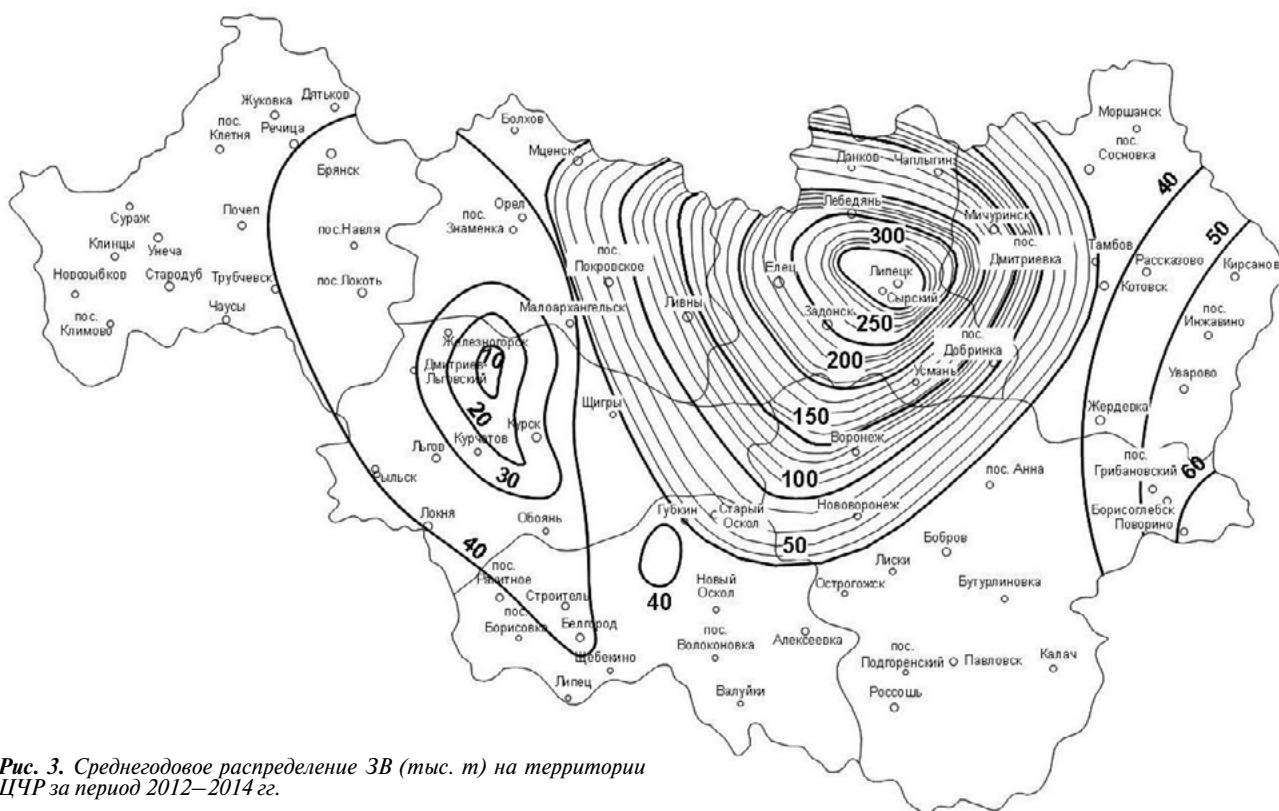


Рис. 3. Среднегодовое распределение ЗВ (тыс. т) на территории ЦФР за период 2012–2014 гг.

Орле, Тамбове, а также в городах Губкин и Старый Оскол Белгородской области.

На территории ЦФР в воздухе по данным, приведенным в [8–15], обнаруживаются твердые взвешенные вещества (ВВ), включающие пыль, золу, сажу, дым, сульфаты, нитраты и другие соли; бензопирен $C_{20}H_{12}$ (БП); формальдегид CH_2O (Ф); фенол CH_5OH ; диоксид азота NO_2 ; диоксид серы SO_2 ; оксид углерода (II) CO . За период исследования наблюдалась неравномерность выбросов ЗВ в отдельных городах по годам. Количество ЗВ в разных городах также отличалось. Построена диаграмма содержания отдельных ЗВ, к которым в соответствии с рекомендациями [8–15] были отнесены твердые ВВ, газы SO_2 , NO_2 и CO . Определено их среднее и суммарное количество (рис. 1).

В связи с разной длительностью периодов исследования (5 лет и 3 года) и отсутствием данных за 2015 и 2016 гг. из Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, сравнивались средние показатели загрязнений за год (рис. 2 и 3). За период 2012–2014 гг. выявлено незначительное снижение среднего количества суммарных выбросов ЗВ за год по сравнению с периодом 2007–2011 гг. – с 712,8 до 704,8 тыс. т/г, т. е. на 1,12 отн. %. Сравнение выбросов на начало (2012 г.) и конец (2014 г.) периода исследования показало их снижение на 27 отн. % к 2014 г.

На 2011 г. число населения в городах ЦФР составляло 3581 тыс. чел., средний прирост населения за период исследования в год – 10,44 тыс. чел. Среднедушевое количество выбросов за год составило 199,1 кг.

К 2014 г. число населения в городах ЦФР возросло до 3625 тыс. человек, средний прирост населения за период исследования в год составил 3,33 тыс. человек. Среднедушевое количество выбросов за год составило 194,4 кг, что ниже предыдущего периода исследования на 2,4 отн. % в связи с ростом населения.

В пересчете на площадь ЦФР на конец исследуемых периодов выбросы практически не изменились и составляли 3,14 т/км² в 2011 г. и 3,10 т/км² в 2014 г.

На картах распределения ЗВ на территории ЦФР обозначены границы областей, крупные города и населенные пункты, входящие в их состав. На границах ЦФР учитывалось влияние загрязнений воздуха от источников выбросов в соседних с ЦФР областях – Смоленской, Калужской, Рязанской, Тульской, Пензенской и Волгоградской по данным, приведенным в [8–15].

Исследования показали, что максимальный уровень примесей в ЦФР содержится в воздухе атмосферы на территории Липецкой области и составляет для обоих периодов исследования в среднем от 150 до 300 тыс. т/г. Уровень загрязнения в западной и северо-западной части Тамбовской области – от 50 до 250 тыс. т/г, а в западной и юго-западной части – от 20 до 35 тыс. т/г; северо-западной части Воронежской области, включая Воронеж – от 50 до 200 тыс. т/г, северо-восточной части Воронежской области – от 20 до 40 тыс. т/г; в северо-западной части Белгородской области – от 40 до 50 тыс. т/г, северной части – от 40 до 90 тыс. т/г. На территории Курской области, кроме ее восточной части, восточной части Брянской области и западной части Орловской области – от 30 до 50 тыс. т в год. На восточную часть Курской области распространяются загрязнения от выбросов в Липецке и составляют от 50 до 150 тыс. т/г.

Характер изолиний за сравниваемые периоды подобен, хотя количественные значения загрязнений отличаются в Курской, Тамбовской и Воронежской областях. Наибольшее снижение распространения загрязнений от Липецка происходит в юго-восточном направлении. Напротив, минимальное снижение и распространение загрязнений на большую территорию – в западном и юго-западном направлениях.

В первый период исследования самым низким был уровень среднегодового загрязнения центральной и западной части Курской области – от 10 до 40 тыс. т. В последние годы самый низкий уровень загрязнения обнаружен в восточной части Тамбовской области – от 40 до 50 тыс. т.

Наибольшие загрязнения воздушной среды выявлены в центральной и северо-восточной частях ЦЧР, создающиеся за счет выбросов промышленности Липецка.

Список литературы

1. Ельчищева Т.Ф. Оценка количества загрязняющих веществ в воздухе Центрально-Черноземного региона для проектирования наружных стен зданий // *Жилищное строительство*. 2015. № 7. С. 9–11.
2. Умнякова Н.П. Взаимосвязь экологического состояния городов и долговечности строительных материалов и конструкций // *Жилищное строительство*. 2012. № 1. С. 30–33.
3. Валяльщикова С.Н., Володина Г.Б. Особенности разработки геоинформационной системы для управления природопользованием // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского*. 2015. № 4. С. 9–15.
4. Волков А.А., Шилова Л.А. Определение уровня безопасности объекта жизнеобеспечения // *Жилищное строительство*. 2015. № 7. С. 3–5.
5. Жуков А.Д., Боброва Е.Ю., Бессонов И.В. Строительные системы и особенности применения теплоизоляционных материалов // *Жилищное строительство*. 2015. № 7. С. 49–51.
6. Шубин И.Л., Лысов Д.А., Кугачев А.И. Мониторинг жилищного фонда и проведение экспертизы качества строительства нового жилья в рамках ликвидации аварийного жилищного фонда // *Жилищное строительство*. 2015. № 7. С. 6–9.
7. Умнякова Н.П. Возведение энергоэффективных зданий в целях уменьшения негативного воздействия на окружающую среду // *Вестник МГСУ*. 2011. № 3. Т. 1. С. 459–464.
8. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2007 г. СПб.: ГУ «ГГО» Росгидромета. 2009. 196 с.
9. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2008 г. СПб.: ЦНИТ «Астерион». 2009. 221 с.
10. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2009 г. СПб.: «Д`АРТ». 2010. 202 с.
11. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2010 г. СПб.: «Д`АРТ». 2011. 224 с.
12. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2011 г. СПб.: «Д`АРТ». 2012. 216 с.
13. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2012 г. СПб.: ГУ «ГГО» Росгидромета. 2013. 231 с.
14. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2013 г. СПб.: «Д`АРТ». 2014. 275 с.
15. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2014 г. СПб.: ГУ «ГГО» Росгидромета. 2015. 288 с.

Оценка уровней и динамики загрязнения атмосферы в ЦЧР позволяет выявить масштабы загрязнений в зависимости от района строительства и сформировать строительную систему наружных ограждающих конструкций с учетом сбалансированного состава и сопротивления агрессивному воздействию среды как отдельного материала, так и строительной системы в целом.

References

1. El'chishcheva T.F. Evaluation of Pollutant Amount in the Air of Central Black Earth Region for Designing External Walls of Buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 7, pp. 9–11. (In Russian).
2. Umnyakova N.P. Relationship of Ecological Condition of Atmosphere of Cities and Durability of Building Materials and Structures. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 1, pp. 30–33. (In Russian).
3. Valyal'shchikova S.N., Volodina G.B. Features of the development of an information system for environmental management. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo*. 2015. No. 4, pp. 9–15. (In Russian).
4. Volkov A.A., Shilova L.A. Determining the Safety Level of a Life Support Object. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 7, pp. 3–5. (In Russian).
5. Zhukov A.D., Bobrova E.Yu., Bessonov I.V. Building Systems and Peculiarities of Using Heat Insulation Materials. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 7, pp. 49–51. (In Russian).
6. Shubin I.L., Lisov D.A., Kugachev A.I. Monitoring of Housing Stock and Carrying Out Examination of Quality of Construction of New Housing Within Elimination of Emergency Housing Stock. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 7, pp. 6–9. (In Russian).
7. Umnyakova N.P. The construction of energy efficient buildings in order to reduce the negative impact on the environment. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 7. Vol. 1, pp. 459–464. (In Russian).
8. *Ezhegodnik sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2007 g.* [Yearbook of the state of air pollution in cities in Russia in 2007]. S.-Peterburg: GU «GGO» Rosgidrometa. 2009. 196 p.
9. *Ezhegodnik sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2008 g.* [Yearbook of the state of air pollution in cities in Russia in 2008]. S.-Peterburg: TsNIT «Asterion». 2009. 221 p.
10. *Ezhegodnik sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2009 g.* [Yearbook of the state of air pollution in cities in Russia in 2009]. S.-Peterburg: D`ART. 2010. 202 p.
11. *Ezhegodnik sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2010 g.* [Yearbook of the state of air pollution in cities in Russia in 2010]. S.-Peterburg: D`ART. 2011. 224 p.
12. *Ezhegodnik sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2011 g.* [Yearbook of the state of air pollution in cities in Russia in 2011]. S.-Peterburg: D`ART. 2012. 216 p.
13. *Ezhegodnik sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2012 g.* [Yearbook of the state of air pollution in cities in Russia in 2012]. S.-Peterburg: GU «GGO» Rosgidrometa. 2013. 231 p.
14. *Ezhegodnik sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2013 g.* [Yearbook of the state of air pollution in cities in Russia in 2013]. S.-Peterburg: D`ART. 2014. 275 p.
15. *Ezhegodnik sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2014 g.* [Yearbook of the state of air pollution in cities in Russia in 2014]. S.-Peterburg: GU «GGO» Rosgidrometa. 2015. 288 p.

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

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



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

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

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

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

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

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

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



ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

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

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

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

ВНИМАНИЕ! С 1 января 2014 г. изменены требования к оформлению статей. Обязательно ознакомьтесь с требованиями на сайте издательства в разделе «Авторам!»

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

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

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

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



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

20-23
сентября

г. Уфа

УралСтройИндустрия

XXVI международная выставка




Недвижимость-2016

IX специализированная выставка

 #БВК #стройБВК

 **БВК**
БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

Тел./факс: (347) 246-42-29,
246-42-38, 246-42-37
e-mail: stroy@bvkexpo.ru
www.stroybvk.ru

Место проведения
ВДНХ 
ул. Менделеева, 158



ACUUS 2016

15th World Conference. Saint Petersburg

12–15 сентября 2016 года
Россия | Санкт-Петербург

15-я Всемирная конференция

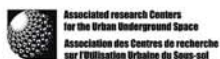
Объединения исследовательских центров
подземного пространства мегаполисов

Ключевая тема конференции:

Подземная урбанизация как необходимое условие устойчивого развития городов



От имени:



Объединение исследовательских
центров подземного
пространства мегаполисов

Организатор:



НП «Объединение
подземных строителей»
Тел.: +7 (812) 325 05 65

Оператор:



Компания «ПРИМЭКСПО»,
в составе Группы компаний ITE
Тел.: +7 (812) 380 60 05/00

Генеральный
информационный
отраслевой партнер:



info@acuus2016.com
acuus2016.com

0+