



ISSN 0044-4472

5'2016

ЖИЛИЩНОЕ

СТРОИТЕЛЬСТВО

научно-технический и производственный журнал

www.rifsm.ru

издается с 1958 г.



**ОТНОШЕНИЕ К ИСТОРИЧЕСКОМУ АРХИТЕКТУРНОМУ НАСЛЕДИЮ —
ПОКАЗАТЕЛЬ ЦИВИЛИЗОВАННОСТИ ОБЩЕСТВА**

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"



**VI СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА
В КРЫМУ**

**21-23
ОКТАБРЯ**



Место проведения:
ГК «ЯЛТА-ИНТУРИСТ»



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 объявлений.

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Издается с 1958 г.

5'2016

Градостроительство и архитектура

В.В. БАЛАКИН, В.Ф. СИДОРЕНКО

Защита пешеходных зон и жилой застройки от выбросов автомобильного транспорта
средствами озеленения 3

Сохранение архитектурного наследия

С.Г. ЗУБАНОВА

Социально-культурный аспект застройки Москвы в исторической ретроспективе. 9

Расчет конструкций

В.С. ФЕДОРОВ, Вл.И. КОЛЧУНОВ, А.А. ПОКУСАЕВ

Расчет расстояния между пространственными трещинами и ширины их раскрытия
в железобетонных конструкциях при кручении с изгибом (случай 2) 16

Н.В. КЛЮЕВА, Вл.И. КОЛЧУНОВ, М.С. ГУБАНОВА

Критерий прочности нагруженного и коррозионно поврежденного бетона
при плоском напряженном состоянии 22

Кадры для отрасли

Ю.А. ВАРФОЛОМЕЕВ

Специфика обеспечения Арктической зоны
специалистами архитектурного профиля. 28

Тепловая защита зданий

О.Д. САМАРИН

Технико-экономическое обоснование термомодернизации жилых зданий
в современных условиях 31

А.М. ГАЙСИН, С.Ю. САМОХОДОВА, А.Ю. ПАЙМЕТЬКИНА, И.В. НЕДОСЕКО

Сравнительная оценка удельных теплотерь через элементы наружных стен
жилых зданий, определяемых по различным методикам. 36

Организация строительного производства

С.А. СЫЧЕВ

Структурно-функциональная схема автоматизации
высокоскоростного монтажа зданий из модулей повышенной заводской готовности . . . 40

Общие вопросы строительства

Т.П. ЯКОВЛЕВА, М.А. КАЛИТИНА, Э.А. НОВОХАТСКАЯ, Г.И. ТИХОНОВА

Оценка канцерогенного риска при воздействии химического фактора
в строительстве 44

А.В. МАСЛЯЕВ

Критический анализ ответов на статью
о непригодности федеральных государственных образовательных стандартов
высшего образования по направлению «Строительство» 49

«Стратегия сохранения и развития российского архитектурного наследия» – тема научной части
общего собрания членов РААСН-2016. Читайте статью в следующем номере журнала.

На первой странице обложки:

Северный жилой дом – экспонат музея деревянного зодчества «Малые Корелы» (Архангельская обл.).
Фото А.Ю. Варфоломеева.

Founder of the journal

AO «TSNIEP zhilishcha»

Monthly scientific-technical and industrial journal

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

ZHILISHCHNOE STROITEL'STVO

Published since 1958

5'2016

Editor-in-chief

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

Editorial Board:

NIKOLAEV S.,
*Chairman, Doctor of Sciences
(Engineering), General Director,
AO «TSNIEP 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 information, the accuracy of the data from the cited literature and for using in articles data which are not open to the public.

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

Reprinting

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

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

Town planning and architecture

V.V. BALAKIN, V.F. SIDORENKO

Use of Protective Planting Against Car Emissions in Residential Areas and Pedestrian Zones. 3

Preservation of architectural heritage

S.G. ZUBANOVA

Social-Cultural Aspect of Moscow Development in Historical Retrospective 9

Structural calculations

V.S. FEDOROV, VI.I. KOLCHUNOV, A.A. POKUSAEV

Calculation of a Distance between Spatial Cracks and Widths of Their Openings in Reinforced Concrete Structures at Torsion with Bending (the 2nd Case) 16

N.V. KLYUEVA, VI.I. KOLCHUNOV, M.S. GUBANOVA

Strength Criterion of Loaded and Corrosion Damaged Concrete at Plane Stress State 22

Personnel for the industry

Yu. A. VARFOLOMEEV

Specific of Providing the Arctic Zone with Specialists of Architectural Profile 28

Heat protection of buildings

A.D. SAMARIN

Technical and Economical Evaluation of Thermo-Modernization of Residential Buildings under Modern Conditions 31

A.M. GAISINS.Yu. SAMOKHODOVA, A.Yu. PAIMET'KINA, I.V. NEDOSEKO

Comparative Assessment of Specific Heat Losses through Elements of External Walls of Residential Buildings Determined by Different Methods. 36

Organization of construction works

S.A. SYCHEV

Structural-Functional Scheme of Automation of High-Speed Installation of Buildings of Increased Prefabrication Modules 40

General issues of construction

T.P. YAKOVLEVA, M.A. KALITINA, E.A. NOVOKHATSKAYA, G.N. TIKHONOVA

Assessment of Carcinogenic Risk under Impact of Chemical Factor in Construction. 44

A.V. MASLYAEV

Critical Analysis of Answers to the Article About Unsuitability of Federal State Educational Standards of Higher Education in the Field of «Construction» 49

“Strategy of Preservation and Development of Russian Architectural Heritage” is a theme of the scientific part of the General Meeting of members Of RAACS-2016. Read the article in the next issue of the journal.

On the front cover:

A Northern Residential House is an exhibit of the Museum of Wooden Architecture “Small Korely”(Arkhangelsk Oblast). Photo by A.Yu. Varfolomeev.

УДК 628.58

В.В. БАЛАКИН, канд. техн. наук (Balakin-its@yandex.ru)

В.Ф. СИДОРЕНКО, д-р техн. наук (kafedragxs@mail.ru)

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет
(400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1)

Защита пешеходных зон и жилой застройки от выбросов автомобильного транспорта средствами озеленения

Анализируются результаты натурных наблюдений и физического моделирования рассеяния выбросов автомобильного транспорта полосами зеленых насаждений на городских дорогах и улицах. Установлено, что формирование очагов загрязнения атмосферного воздуха в уличном пространстве связано со снижением скорости и замкнутой циркуляцией воздушного потока в условиях плотной двусторонней застройки. Определены конструктивные характеристики полос зеленых насаждений, повышающих эффект рассеяния выбросов автомобилей. Приводится методика расчета газозащитной эффективности полос озеленения в зонах пешеходного движения. Даются рекомендации по формированию линейно-полосных структур ландшафтно-средозащитного озеленения, обеспечивающих оптимизацию и доведение до нормативных пределов факторов дискомфорта на территории жилой застройки.

Ключевые слова: выбросы автомобилей, зеленые насаждения, рассеяние, газозащитная эффективность.

V.V. BALAKIN, Candidate of Sciences (Engineering) (Balakin-its@yandex.ru),
V.F. SIDORENKO, Doctor of Sciences (Engineering) (kafedragxs@mail.ru)
Volgograd State University of Architecture & Civil Engineering (1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074)

Use of Protective Planting Against Car Emissions in Residential Areas and Pedestrian Zones

The article describes the results of in-situ observations and physical model experiments for dispersion of automobile exhaust pollutants by planted areas in urban streets and roads. It is determined that formation of pollution bubbles in the air of a street is related to lower speed of air flow and its closed recirculation conditioned by densely positioned buildings on both sides of the street. Structure and composition of protective planting is defined for better dispersion of car emissions. Protective efficiency calculation methods are suggested for linear/strip plantation in pedestrian areas. Guidelines are provided for linear and strip protective/decorative plantation structuring for bringing the environmental discomfort factors in residential areas down to the environmental standards.

Keywords: air pollution, motor vehicle exhaust, car emissions, planted area, protective plantation, dispersion, protective efficiency.

Пешеходное движение на городских улицах, тесно связанное с жилой застройкой, объектами культурно-бытового обслуживания и торговли, приобретает все более массовый характер в больших, крупных и крупнейших городах и требует «обеспечения удобств и безопасности движения пешеходов, снижения уровня шума и загрязнения воздуха отработавшими газами» [1], а также формирования благоприятного микроклимата.

В связи с этим при благоустройстве элементов уличной сети в пределах жилой зоны города, в том числе и пешеходно-транспортных улиц, выделенных в отдельную категорию (СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89*), возникает необходимость формирования специальных полос зеленых насаждений комплексного средозащитного назначения.

Формирование объектов озеленения на транспортных территориях, особо подверженных техногенному воздействию, органично связано с решением наиболее общей задачи «реконструкции, конструирования и восстановления городских ландшафтов» [2]. Участки прохождения трассы магистральных дорог и улиц отличаются от участков территории жилой застройки в высокой степени трансфор-

мированным, «особым видом» природно-антропогенного ландшафта, характерными признаками которого являются уменьшение «мягкости» и увеличение «жесткости» за счет сокращения площади растительного покрова, увеличения плотности застройки и т. п. В результате интенсификации использования городского пространства здесь «исчезли растительные комплексы (биогеоценозы), которые обязаны нести средоформирующие, природоохранные и эстетические функции» [3, 4].

С экологической точки зрения положение и поведение человека в таком пространстве ухудшается. И здесь озеленение выступает в качестве основного средства формирования «объемно-пространственной композиции и структуры территории, способствующей снижению негативного влияния урбанизированной среды» [3]. При этом достигается гармонизация «жестких ландшафтов» со «сплошной и безликой застройкой» и ограниченным растительным покровом путем «стирания границ между архитектурой и природой» [2] с восстановлением их «мягкости», улучшением эстетики и повышением привлекательности.

Вместе с тем зеленые насаждения являются важным компонентом городского ландшафта, принимающим в со-

четании с травяным покровом и почвой участие в процессах накопления, трансформации и выведения из городской среды атмосферных загрязнений. Газы не только накапливаются в листьях и хвое растений, но и подвергаются транслокации по органам, а также удаляются в корни и почву. Древесно-кустарниковые насаждения могут усваивать и вовлекать в метаболизм веществ диоксид серы, оксиды азота, аммиак и другие ингредиенты, ассимилируя их листьями [5, 6].

Особенно велика защитная роль зеленых насаждений на магистральных улицах, где происходит массовое выделение вредных выбросов автомобилей на небольшой высоте непосредственно в зону дыхания людей и жилую застройку.

Также известна роль зеленых насаждений в обогащении воздуха кислородом и поглощении углекислого газа, уменьшении бактериальной загрязненности и повышении степени ионизации атмосферы.

Многочисленные исследования показывают, что средствами озеленения вполне осуществимо при одновременном повышении уровня эстетики городской среды решение задач регулирования, оптимизации и доведения до нормативных пределов таких факторов дискомфорта, как загазованность и пылевое загрязнение атмосферного воздуха, транспортный шум, неудовлетворительный аэрационный режим в жилой застройке [7–11].

На магистральных дорогах и улицах широко используются ландшафтно-средозащитные композиции и линейно-полосные структуры зеленых насаждений, имеющие форму чередующихся сплошных плоскостей в виде прямолинейных, криволинейных, а также расположенных по зигзагообразной линии «стен», формируемых в пределах разделительных полос между проезжей частью и жилой застройкой. Однако сложившиеся к настоящему времени «приемы и традиции в озеленении городов, а также ландшафтно-эстетические принципы их проектирования» [11] еще не в полной мере обеспечивают экологическое благополучие и комфорт на примыкающих территориях.

Результат успешной реализации средозащитного потенциала зеленых насаждений на улицах будет выражаться в их оптимальной планировочной позиции по отношению к транспортному потоку как источнику дискомфорта, правильном выборе структуры, конструкции и породного состава, а также в достигнутой степени гармонизации и эстетической выразительности ландшафта в пределах общего планировочного построения застройки.

При многофакторном негативном воздействии транспортного потока следует выделить доминирующий фактор и определить имеющиеся ресурсы снижения его влияния на городскую среду приемами озеленения.

Натурные наблюдения и анализ градостроительной проектной практики показывают, что в качестве доминирующих экологических факторов в условиях, как правило, пере-

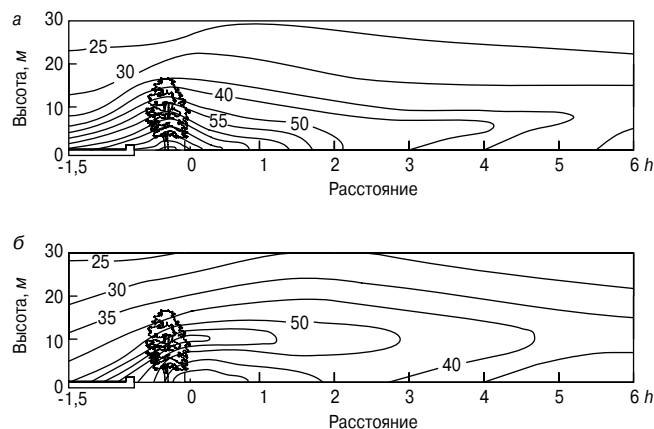


Рис. 1. Зоны газозащитного воздействия полос зеленых насаждений продуваемой (а) и плотной (б) конструкции. Цифры и изолинии – концентрации оксидов азота ($NO + NO_2$) в воздухе, %; h – высота полосы озеленения. За 100% принято содержание оксидов азота в воздухе на высоте 1,5 м над краем проезжей части

уплотненной современной застройки магистральных улиц выступают уровень загазованности и аэрационный режим, между которыми существует функциональная связь. Поэтому снижение их влияния на качество жилой среды градостроительными средствами является первоочередной задачей.

Снижение загрязнения воздуха полосами зеленых насаждений на магистральных улицах происходит частично путем поглощения отдельных компонентов отработавших газов (ОГ) автомобилями листвой [5], а также – и в основном – благодаря их рассеянию в верхнем слое атмосферы за счет аэродинамических свойств посадок [9]. Поэтому высота, форма и плотность крон деревьев и кустарников, шаг посадки в ряду и величина междурядий должны соответствовать оптимальной конструкции формируемых полос озеленения с точки зрения их средозащитного воздействия.

В связи с этим целью исследования явилось изучение закономерностей рассеяния ОГ полосами зеленых насаждений разной конструкции на магистральных улицах с вы-

Газозащитная эффективность полос зеленых насаждений на магистральных дорогах (по данным натурных наблюдений)

Тип посадки	Высота, м	Ширина, м	Коэффициент ажурности	Газозащитная эффективность, %
Однорядная посадка деревьев с однорядным кустарником	5–8	4–6	0,2–0,4	17–28
	8–10			18–29
	10–15			20–32
	15–20			22–34
Двухрядная посадка деревьев с однорядным кустарником	5–8	6–8	0,3–0,6	23–27
	8–10			24–38
	10–15			26–42
	15–20			28–45
Двухрядная посадка деревьев с двухрядным кустарником	5–8	8–10	0,4–0,7	28–41
	8–10			29–43
	10–15			32–47
	15–20			34–50
Трех-четырёхрядная посадка деревьев с двухрядным кустарником	5–8	10–15	0,5–0,8	33–45
	8–10			34–47
	10–15			37–51
	15–20			40–55
Пяти-шестирядная посадка деревьев с четырёхрядным кустарником	5–8	20–30	0,7–1	37–48
	8–10			38–50
	10–15			42–55
	15–20			45–65

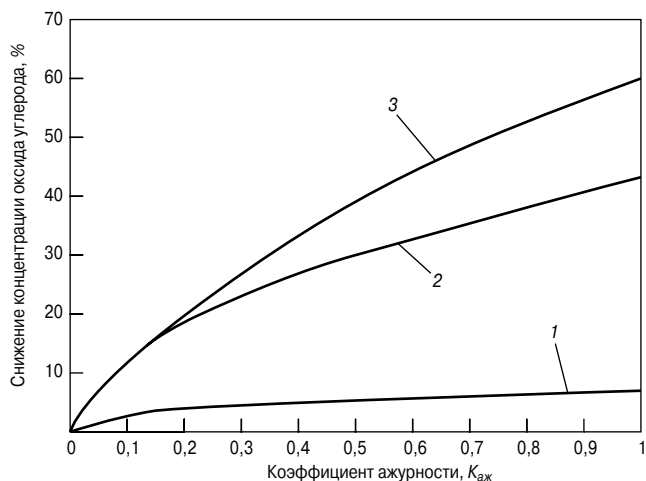


Рис. 2. Зависимость газозащитной эффективности полос зеленых насаждений от их ажурности и высоты. По оси абсцисс – коэффициент ажурности; по оси ординат – снижение концентрации оксида углерода (CO) в %; 1 – $h = 1,6$ м; 2 – 9 м; 3 – 14 м

явлением эффектов снижения загазованности в зонах пешеходного движения и жилой застройки.

Изучение газозащитных функций зеленых насаждений проведено в натуральных условиях на улицах Волгограда и на полигоне крупномасштабного моделирования с использованием моделей полос зеленых насаждений плотной, ажурной и продуваемой конструкций в масштабе 1:20, представляющих собой металлические проволочные каркасы, заполненные до заданной плотности (ажурности) синтетическим волокном. В качестве источника ОГ использовали специальный трубопровод, имитирующий транспортный поток, который подсоединялся к выхлопной трубе двигателя автомобиля. В результате анализа проб воздуха, отобранных в узлах сетки с шагом по высоте 1,5 м на расстояниях, кратных высоте насаждений, получены поля концентраций оксида углерода (CO) и оксидов азота ($NO+NO_2$) в вертикальной плоскости по схемам «проезжая часть – зеленая полоса» (рис. 1), а также «проезжая часть – зеленая полоса – здание». Параллельно с отбором проб воздуха выполнена анемометрическая съемка с использованием чашечных анемометров МС-13.

Исследования показали, что снижение концентрации ОГ полосами зеленых насаждений на магистрали в значительной мере зависит от двух показателей: плотности и высоты. Эта зависимость представлена на рис. 2. Показатели газозащитной эффективности полос озеленения разной конструкции даются в таблице. Здесь коэффициент ажурности ($K_{аж}$) – отношение площади, занимаемой стволом, ветвями и листвой деревьев и кустарников, к общей площади фронтальной проекции защитной полосы зелени.

По ходу кривых на рис. 2 видно, что с увеличением густоты посадок газозащитное влияние их сначала резко повышается, а затем наблюдается менее интенсивное снижение концентрации CO. Это следует учитывать в тех случаях, когда при наличии технической полосы для прокладки инженерных сетей ширина улицы оказывается недостаточной для формирования древесно-кустарниковых насаждений с коэффициентом ажурности, близким к единице. В таких условиях необходимо размещать в пределах разделительных полос между проезжей частью и жилой застройкой зеленые насаждения такой плотности и высоты, которые соответ-

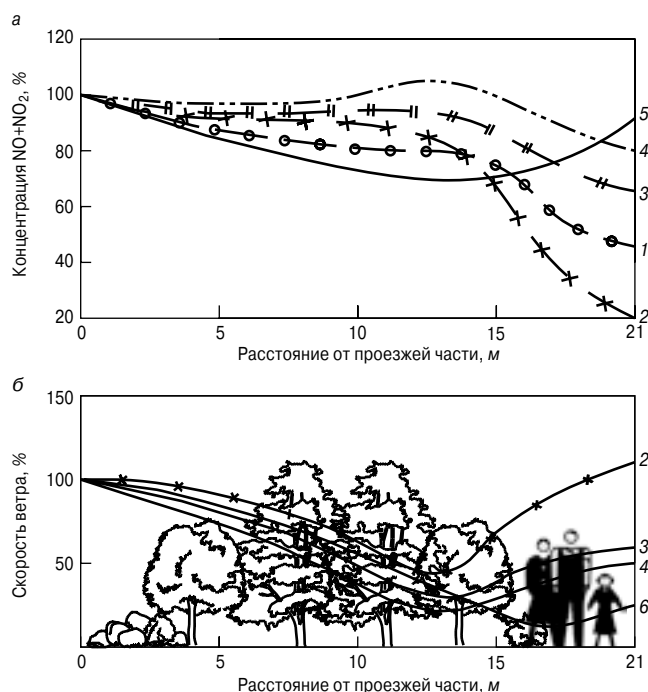


Рис. 3. Изменение концентрации оксидов азота в воздухе (а) и скорости ветра (б) на уровне 1,5 м в поперечном сечении улицы с пятиэтажной фронтальной (1–5) и свободной (б) застройкой под влиянием четырехрядной посадки деревьев с двухрядным кустарником: 1 – при $h = 0,3$ H; 2 – $h = 0,5$ H; 3 – $h = 0,7$ H; 4 – $h = H$; 5 – без озеленения. H – высота зданий, м. 100% – содержание оксидов азота в воздухе и скорость ветра на высоте 1,5 м над краем проезжей части

ствуют отрезку наиболее крутого подъема кривой газозащитной эффективности.

По характеру изолиний на рис. 1, а и 1, б видно, что полосы зеленых насаждений представляют собой полупрозрачные экраны, через которые часть загрязнений проходит вместе с воздушным потоком, а другая отклоняется в верхний слой атмосферы и более эффективно рассеивается.

С учетом этого эффекта концентрацию CO – ведущего компонента ОГ за полосами озеленения на высоте 1,5 м можно рассчитать по формулам:

$$\text{при } x \leq 30 \text{ м} \quad q_x = q_0 \left(1 - \frac{\omega}{100}\right) e^{-0,0413x}, \quad (1)$$

$$\text{при } x > 30 \text{ м}, \quad q_x = 0,29 q_0 \left(1 - \frac{\omega}{100}\right) - 0,14 (x - 30), \quad (2)$$

где x – расстояние от края проезжей части до расчетной точки, м; ω – газозащитная эффективность полос зеленых насаждений, %, определяемая по формуле:

$$\omega = (1 - q_3/q_0) 100, \quad (3)$$

где q_0 и q_3 – концентрации CO перед экраном и за экраном, мг/м³.

С увеличением ширины и густоты посадок соотношение просачивающейся беспрепятственно и переваливающей через полосу частей газозащитной смеси уменьшается, а при максимальной плотности растений, когда пространство под кронами деревьев закрыто кустарником в виде живой изгороди или подлеском, поток практически полностью огибают преграду сверху. Газозащитный эффект у такой поло-

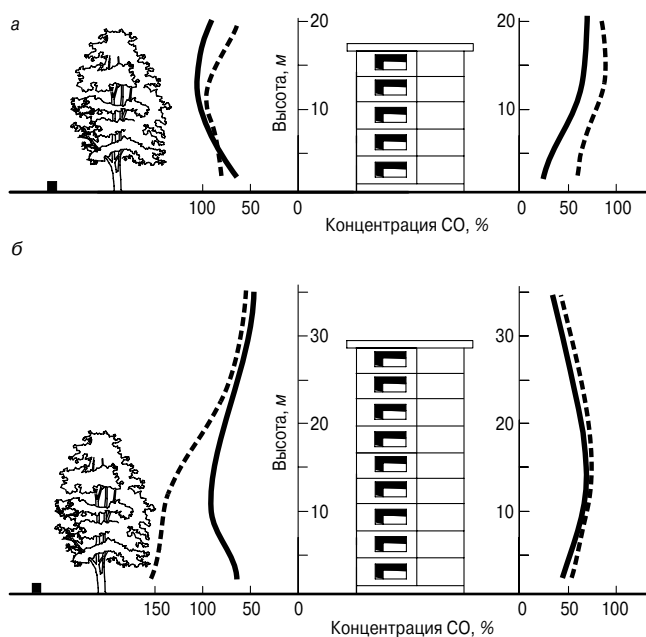


Рис. 4. Вертикальные профили концентрации CO у фасадов жилых многосекционных зданий при взаимодействии с полосой зеленых насаждений продуваемой конструкции: а – при $h = H$; б – при $h = 0,5 H$

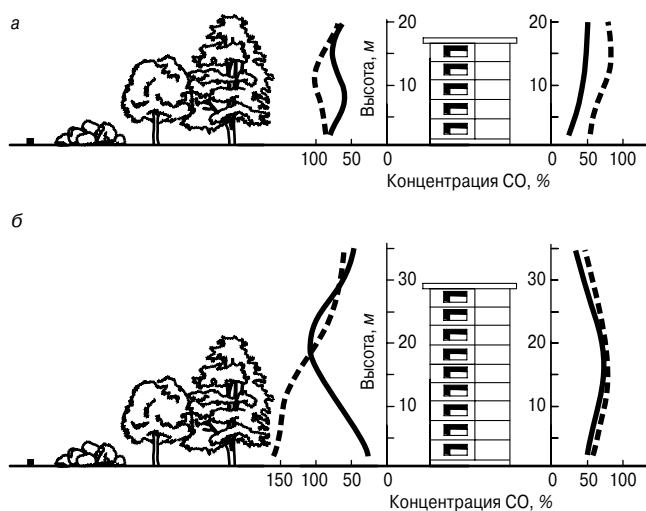


Рис. 5. Вертикальные профили концентрации CO у фасадов жилых многосекционных зданий при взаимодействии с полосой зеленых насаждений плотной конструкции: а – при $h = H$; б – при $h = 0,5 H$

сы при одинаковой высоте и тех же значениях коэффициента ажурности на 30% больше, чем у полосы продуваемой конструкции. Причем наиболее низкий уровень загазованности наблюдается непосредственно за полосой – в зоне пешеходного движения вдоль дороги (рис. 1, б).

Таким образом, для эффективной защиты тротуаров и прилегающей территории от проникновения ОГ с проезжей части магистралей, не связанных с застройкой, их необходимо экранировать от транспортного потока плотными древесно-кустарниковыми насаждениями шириной 15–30 м (см. таблицу).

Однако при этом в пределах самой посадки концентрации ОГ оказываются более высокими по сравнению с открытой территорией из-за резкого снижения скорости ветра (рис. 3). Полоса плотной конструкции в данном случае, по-

добно лесному массиву, «начинает играть роль накопителя загрязняющего вещества» [12].

Кроме того, при формировании придорожных полос по двум сторонам в виде вертикальных стен над проезжей частью появляется обратная циркуляция воздушного потока, вследствие чего «происходит процесс накопления выбросов автотранспорта над автомобильной дорогой из-за близкого расположения первых рядов деревьев» [13]. Поэтому в многорядных посадках плотной конструкции ближайшие ряды от проезжей части должны быть представлены кустарником в двухъярусной живой изгороди, а затем деревьями меньшей высоты с низким штамбом и густо сомкнутыми кронами. В последующих рядах высоту посадок следует увеличивать.

Здания, располагаемые за древесно-кустарниковыми посадками фронтально к набегающему воздушному потоку, существенно деформируют поля концентраций загрязняющих веществ в зонах влияния полос озеленения. А при двусторонней застройке многосекционными зданиями с минимальными разрывами в ряду в уличном пространстве наблюдается устойчивая замкнутая циркуляция примесей. В данном случае ветер перпендикулярного направления, дующий над крышами слева направо, вызывает образование рециркуляционного вихревого потока большого размера, увлекающего загрязняющие вещества на дне уличного каньона в направлении справа налево. Вследствие этого концентрации ОГ оказываются более высокими у подветренных стен первого по потоку ряда зданий, чем у наветренных стен второго ряда зданий, так как скорость восходящей части потока у наветренного здания становится ниже скорости нисходящей части у подветренного здания. Потеря кинетической энергии ветрового потока при этом происходит при преодолении встречного конвективного противотока у подветренного здания [14], а также препятствий в виде «микрошероховатостей» [15] – элементов озеленения и благоустройства (деревья, кустарники, газоны, откосы, подпорные стенки) и выступающих частей зданий (балконы, эркеры и др.).

Наибольшие значения концентрации ОГ у подветренной стены наветренного здания отмечаются обычно у нижних этажей из-за локальной циркуляции примесей. В данном случае «в углу между дном каньона и подветренной стеной наветренного здания образуется вихрь малого размера» [16], который удерживает основную часть загрязняющих веществ, поступающих с проезжей части с большим вихревым потоком. С увеличением высоты за пределами локального вихря по траектории главного циркуляционного потока отмечается резкое экспоненциальное уменьшение концентрации примесей на уровне средних и верхних этажей.

По этим причинам основному воздействию атмосферного загрязнения, согласно выборке из базы данных по заболеваемости населения жилого массива [17], подвергаются первые – третьи и реже четвертые этажи жилых зданий, являющихся на исследуемых магистральных улицах наветренными по отношению к господствующему направлению ветра.

В подобных случаях линейно-полосные структуры зеленых насаждений, формируемые на городских улицах и плотно застроенных участках магистральных дорог, должны иметь продуваемую конструкцию, обеспечивающую необходимый воздухообмен в пределах тротуарной части

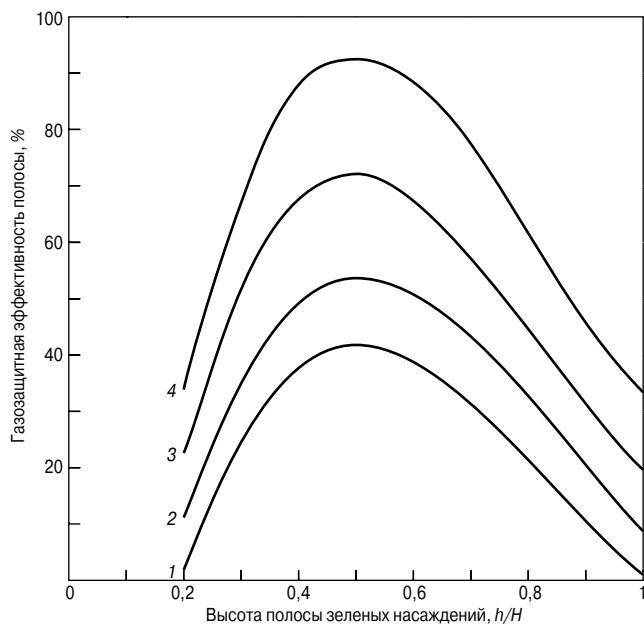


Рис. 6. Снижение концентрации CO в воздухе пешеходной зоны между полосой озеленения и фронтальной застройкой в зависимости от высоты посадок при $K_{аж} = 0,1$ (1); $0,2$ (2); $0,4$ (3) и $0,8$ (4). По оси абсцисс — высота полосы зеленых насаждений h по отношению к высоте зданий H ; по оси ординат — газозащитная эффективность полосы, %

и более равномерное распределение концентрации ОГ по фасадам зданий (рис. 4, б).

Здесь следует иметь в виду, что в системе «зеленая полоса — здание» средозащитные посадки являются особенно чувствительными к изменению их относительной высоты. Если при равенстве высот полосы (h) и застройки (H) отмечаются повышенные концентрации компонентов ОГ перед зданиями (рис. 4, а, 5, а), то при $h = 0,5H$ наблюдается существенное разбавление примесей по фасадам и в зоне пешеходного движения, где стимулируется интенсивный турбулентный обмен (рис. 3, а, б — кривые 2; 4, б, 5, б). Для полос озеленения с различной плотностью наиболее предпочтительной является высота посадок в пределах $0,4–0,6H$, обеспечивающая их максимальную газозащитную эффективность (рис. 6).

Поэтому при достижении деревьями уровня середины фасадов жилых зданий, необходимо ограничивать их рост и предупреждать развитие крон в сторону проезжей части путем проведения систематических конструктивных рубок, рубок ухода, омоложения и стрижек. В этих целях участки магистралей со сплошной фронтальной застройкой необходимо озеленять такими породами деревьев, которые

легко переносят обрезку стволов и дают много побегов на штамбах.

Исследования показали, что характер рассеяния выбросов автомобилей в системе «зеленая полоса — здание» существенно зависит как от конструкции, высоты полос зеленых насаждений и этажности зданий, так и от расстояния между ними, т. е. ширины тротуарной части. С учетом этих факторов газозащитная эффективность приемов озеленения по отношению к зоне пешеходного движения между полосой озеленения и застройкой может быть рассчитана по формуле:

$$\omega = 57 \left[\frac{11 b^{0,22} \left(1 + 2,63 K_{аж}^{\frac{1}{3}} \right) h^{1,65}}{H^{1,87} e^{3,34h/H}} - 1 \right], \quad (4)$$

где b — расстояние от края проезжей части до линии регулирования застройки, м.

По мере приближения высоты деревьев к высоте зданий отмечается дополнительное снижение загазованности воздуха у их дворовых фасадов и на внутриквартальной территории за счет увеличения пути переноса и рассеяния примесей в верхнем слое атмосферы (рис. 4, а, 5, а).

Однако плотные посадки в сочетании с застройкой, проявляя лучшие показатели газозащитной эффективности по отношению к дворовому пространству с увеличением высоты, выступают в качестве вторичного источника загрязнения воздуха накапливаемыми примесями, которые дрейфуют в пределах полосы с незначительной скоростью (рис. 3, а). Поэтому густые посадки из крупномерных деревьев с плотной кроной следует применять как в обособленном варианте, так и в сочетании с застройкой нежилого назначения на отдельных участках магистральных дорог для защиты от негативного воздействия транспорта прилегающих массивов жилой застройки.

Насаждения для озеленения улиц и дорог должны быть достаточно газоустойчивыми и способными поглощать вредные вещества. При корректировке видового состава древесных и кустарниковых растений рекомендуется высаживать клен полевой, тополя серебристый и черный, каштан конский, кизильник, боярышники, бересклет, пузыреплодник, снежноягодник [11].

При подборе состава насаждений в средозащитных полосах необходимо также учитывать конкурентные взаимоотношения отдельных пород между собой в процессе роста, выделять из них главные, дополнительные и декоративные (отделочные). Для обеспечения скорейшего вступления в работу посадки должны быть быстрорастущими.

Список литературы

1. Рекомендации по модернизации транспортной системы городов. МДС 30-2.2008 / ЦНИИП градостроительства РААСН. М.: ОАО «ЦПП», 2008. 70 с.
2. Кочуров Б.И., Ивашкина И.В. Городские ландшафты Москвы: от традиционных до гармоничных и сбалансированных // *Экология урбанизированных территорий*. 2012. № 1. С. 6–11.
3. Ивашкина И.В., Кочуров Б.И. Формирование пространственной композиции культурного ландшафта города

References

1. Rekomendatsii po modernizatsii transportnoy sistemy gorodov. [Guidelines for modernization of urban transport systems] MDS 30–2.2008. TSNIIP gradostroitelstva RAASN. Moscow: OAO OAO «TSPP», 2008. 70 p. (In Russian).
2. Kochurov B.I., Ivashkina I.V. Moscow landscaping: from tradition to harmony and balance. *Ekologiya urbanizirovannykh territory*. 2012. № 1, pp. 6–11. (In Russian).

- // *Экология урбанизированных территорий*. 2012. № 3. С. 22–28.
- Кочуров Б.И., Ивашкина И.В. Культурный городской ландшафт: геоэкологические и эстетические аспекты изучения и формирования // *Экология урбанизированных территорий*. 2010. № 4. С. 15–23.
 - Попов В.А., Негруцкая Г.М., Петрова В.К. Газопоглощительная способность растений. *Газоустойчивость растений*. Новосибирск, 1980. С. 52–60.
 - Кулагин Ю.З. Индустриальная дендрология и прогнозирование. М.: Наука. 1985. 120 с.
 - Осипов Г.Л., Прутков Б.Г., Шишкин И.А., Карагодина И.Л. Градостроительные меры борьбы с шумом. М.: Стройиздат, 1975. 215 с.
 - Балакин В.В., Сидоренко В.Ф. Шумозащитная эффективность разделительных полос озеленения на объектах транспортной инфраструктуры // *Ежемесячный научный журнал: Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени»*. Екатеринбург. 2015. № 9 (14). С. 110–111.
 - Константинов А.Р. Влияние лесных полос на ветер и турбулентный обмен в приземном слое воздуха. *Вопросы гидрометеорологической эффективности полезащитного лесоразведения*. Л.: Гидрометеоиздат, 1950. С. 44–56.
 - Ивченко Т.В., Романова Р.А., Короткова Е.Ю. Озеленение крупных населенных пунктов как компенсация загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом // *Экология урбанизированных территорий*. 2014. № 1. С. 30–33.
 - Городков А.В. Рекомендации по проектированию средозащитного озеленения территорий городов. СПб: СПб ГАСУ, 1998. 141 с.
 - Бояршинов М.Г. Влияние лесного массива на перенос и рассеивание автотранспортных выбросов / *Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности: Доклады Международного экологического конгресса*. СПб: БГТУ, 2000. Т. 2. С. 235–237.
 - Подольский В.П., Канищев А.Н., Рудаев В.Н. Определение ажурности в снегозадерживающих лесополосах. *Решение экологических проблем в автотранспортном комплексе: Сборник докладов V Международной научно-технической конференции*. М.: МАДИ (ГТУ), 2001. С. 129.
 - Uehara Kiyoshi, Murakami Shuzo, Oikawa Susumu, Wakamatsu Shinji. Wind tunnel experiments on how thermal stratification affects flow in and above urban street canyons // *Atmospheric Environment*. 2000. Vol. 34, № 10, pp. 1553–1562.
 - Серебровский Ф.Л. Аэрация населенных мест. М.: Стройиздат, 1985. 172 с.
 - Chan T.L., Dong G., Leung C.W., Cheung C.S., Hung W.T. Validation of a two-dimensional pollutant dispersion model in an isolated street canyon // *Atmospheric Environment*. 2002. Vol. 36, № 5, pp. 861–872.
 - Ванкевич Р.Е. Применение методов системного анализа и ГИС-технологий для исследования количественных взаимосвязей в системе «автотранспорт – среда – здоровье». Дисс ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2003. 135 с.
 - Ivashkina I.V., Kochurov B.I. Shaping the spatial composition of urban cultural landscape. *Ekologiya urbanizirovannykh territory*. 2012. № 3, pp. 22–28. (In Russian).
 - Kochurov B.I., Ivashkina I.V. Cultural urban landscape: geoeological and aesthetic aspects of examining and shaping. *Ekologiya urbanizirovannykh territory*. 2010. № 4, pp. 15–23. (In Russian).
 - Popov V.A., Negrutskaya G.M., Petrova V. K. Getting action of plants. Gas-resistance of plants. Novosibirsk. 1980. pp. 52–60. (In Russian).
 - Kulagin YU.Z. Industrialnaya dendrologiya i prognozirovaniye. [Industrial dendrology and prognosticating]. Moscow: Nauka, 1985. 120 p. (In Russian).
 - Osipov G.L., Prutkov B.G., Shishkin I.A., Karagodina I.L. Gradostroitelnye mery borby s shumom [City planning methods for moise control]. Moscow: Stroizdat, 1975. 215 p. (In Russian).
 - Balakin V.V., Sidorenko V.F. Noise-protection efficiency of planted road divisors and shoulders. *Monthly journal: Proceedings of the 14th International Research and Practice Conference “Domestic science in the age of changes: postulates if the past and theories of nowadays”*. Eraterinburg, 2015. № 9 (14), pp. 110–111. (In Russian).
 - Konstantinov A.R. The effect from forest belts on the wind and turbulent exchange in the ground air. *The problems of hydro-meteorological efficiency of field-protective afforestation*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1950, pp. 44–56. (In Russian).
 - Ivchenko T.V., Romanova R.A., Korotkova E.YU. Landscape gardening in major population centers as compensation for air pollution from motor vehicles. *Ekologiya urbanizirovannykh territory*. 2014. № 1, pp. 30–33. (In Russian).
 - Gorodkov A.V. Rekomendatsii po proektirovaniyu sredozashchitnogo ozeleneniya territori gorodov. [Design guidelines for protective verdurization in urban territories] Saint-Petersburg: SPb GASU. 1998. 141 p. (In Russian).
 - Boyarshinov M.G. The effect from woodlands on transfer and dispersion of motor vehicle emissions. The new things in environment protection and life safety. Papers from the International Ecology Congress. Saint-Petersburg: BGTU, 2000. T. 2, pp. 235–237. (In Russian).
 - Podolski V.P., Kanishchev A.N., Rudaev V.N. Determining the openness of snow-arresting tree belts. *Solutions to environmental problems in motor-transport complex: Book of papers from the 5th International science and technology conference*. Moscow: MADI (GTU), 2001, pp. 129. (In Russian).
 - Uehara Kiyoshi, Murakami Shuzo, Oikawa Susumu, Wakamatsu Shinji. Wind tunnel experiments on how thermal stratification affects flow in and above urban street canyons. *Atmospheric Environment*. 2000. Vol. 34, № 10, pp. 1553–1562.
 - Serebrovskiy F.L. Aeratsiya naselyonnykh mest [Ventilation of residential territories]. Moscow: Stroizdat, 1985. 172 p. (In Russian).
 - Chan T.L., Dong G., Leung C.W., Cheung C.S., Hung W.T. Validation of a two-dimensional pollutant dispersion model in an isolated street canyon. *Atmospheric Environment*. 2002. Vol. 36, № 5, pp. 861–872.
 - Vankevich R.E. Application of system analysis methods and GIS technologies for research into quantitative correlations in the “motor transport – environment – health” system. Cand. Diss. (Engineering). Saint-Petersburg. 2003. 135 p. (In Russian).

УДК 72.036

С.Г. ЗУБАНОВА, д-р ист. наук, профессор (svet_285@mail.ru)

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет) (125993, г. Москва, Волоколамское ш., 4)

Социально-культурный аспект застройки Москвы в исторической ретроспективе

Рассматриваются основные тенденции московского градостроительства и создания комфортной среды обитания москвичей в разные исторические периоды. Выделены традиционные ценности и особенности русской бытовой культуры в организации жилого пространства города. Подчеркнуто, что в градостроительстве Москвы до начала советской эпохи преобладала системообразующая идея – православие. Отмечается, что Московское государство изначально складывалось на основе многих народностей, это во многом определило архитектурное многообразие застройки. Акцент сделан на эстетической и бытовой стороне создания благоприятной городской среды; на гармоничном сочетании городской застройки с природными ландшафтами: парковыми зонами и придомовыми зелеными зонами. Дана оценка современному состоянию застройки столицы с позиции формирования социально-бытовой культуры горожан.

Ключевые слова: градостроительство, создание комфортной среды обитания, социальное самочувствие граждан, городская инфраструктура, бытовая культура.

S.G. ZUBANOVA, Doctor of Sciences (History), Professor (svet_285@mail.ru)
Moscow Aviation Institute (National Research University) (4, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125993, Russian Federation)

Social-Cultural Aspect of Moscow Development in Historical Retrospective

Main trends of the Moscow urban development and creation of comfortable living environment for Moscow residents in different historical periods are considered. Traditional values and peculiarities of the Russian everyday culture in the organization of residential space of the city are marked. It is emphasized that the urban development of Moscow before the beginning of the Soviet epoch was dominated by the system-forming idea – Orthodoxy. It is noted that the Moscow State was originally formed on the basis of many nationalities that largely determined the architectural diversity of development. The emphasis is made on the esthetic and ordinary sides of creating the favorable urban environment, on the harmonic combination of the city development with natural landscapes – park zones and building surrounding green zones. An evaluation of the up-to-day development of the capital from the position of formation of the social- everyday life culture of citizens is made.

Keywords: urban development, creation of comfortable habitation, social wellbeing of citizens, city infrastructure, everyday life culture.

Когда рассматривается социальная жизнь города, имеется в виду в первую очередь его оптимальная социальная инфраструктура, которая формирует благоприятное социальное самочувствие граждан, способствующее созданию для них комфортной среды обитания, удовлетворяющей бытовые, эстетические, психологические и другие потребности. При этом очень важно, чтобы городская среда обитания создавалась с учетом традиционных ценностей российского народа [1].

Еще во времена язычества скандинавы называли Русь Гардарикой, т. е. страной городов. О многочисленности городов на Руси, умении русских красиво строить знали и восхищались еще в Византии и арабских странах. В начале XIII в. в православной Руси было уже около 400 городов, в архитектурном облике которых запечатлелись традиции народа, которые и сегодня в планировке и застройке городских территорий помогают оберегать в целом культуру народа от размывания идентичности, позволяют ощутить живую связь поколений и преемственность культурных традиций.

Рассмотрим, как в столице в разные периоды было принято организовывать городское пространство, чтобы оно лучшим образом служило людям в бытовом, нравственно-эстетическом, психологическом и практическом плане, т. е. чтобы оно было социально ориентированным.

В Москве периода Средневековья модель градостроения была подчинена реализации православной религи-

озно-философской идеи «Москва – Третий Рим», которая окончательно сложилась в XVI в., спустя время после исчезновения Византии. Теория Третьего Рима представляет собой воплощение идеи о богоизбранности России и ее столицы, а также роли в собирании земель и народов под омофором православия. Кремль и Красная площадь всегда воспринимались как сердце и душа православной столицы, как ее градообразующий и историко-культурный центр, вокруг которого создавался город с радиальной и кольцевой композицией. Московское государство изначально складывалось на основе многих народностей, т. е. носило многонациональный характер [2].

К XVII в. столица была поделена почти на 500 слободских территорий. В каждой из них жили либо ремесленники, либо оружейники, либо резчики по дереву, плотники. Отдельными слободами поселялись иностранцы. Каждая слобода располагалась на одной или нескольких московских улицах и имела свой храм. Такое слободское членение города было главной характеристикой средневековой Москвы (рис. 1).

Для Москвы, как и для всех русских городов, особое значение имела близость природы или зеленых насаждений. Историки свидетельствуют о том, что планировка Москвы XVIII в. была нацелена на быстрый выезд за городскую черту. В этом просматривается аналогия: как и сейчас москвичи стремятся за город на дачу, так и раньше горожане активно пользовались «выгонами», окружавшими город.

На окраинах столичные жители могли держать домашний скот до середины XX в., а домашнюю птицу разводили даже и в центре Москвы – в Замоскворечье [3].

Московские усадьбы традиционно имели приусадебные хозяйства в виде сада и огорода. Дома в городе строились не на периферии земельных участков, а в глубине, в то время как храмы, торговые лавки и мастерские располагались на улицах города. Городские пейзажи часто органически перерастали в пригородные слободы, чтобы людям было удобнее заниматься сельским хозяйством. Способность



Рис. 1. Московский Кремль. Конец XVII в.



Рис. 2. Дом с мезонином. Москва. Пятницкая ул. Первая пол. XIX в.



Рис. 3. Дом с бельведером. Дом Пашкова

встроить объекты городской застройки в пейзаж, определить значимое место для наиболее социально важных зданий и объектов – это уникальная характеристика градостроительной русской культуры в целом, и московской в частности. Зелень города определяла и его экологичность, и столицу часто называли «рукотворным продолжением природы», имея в виду извилистые улицы старого города, семь холмов, поклонные горы [4]. Связь с природой хорошо видна в сохранившихся до наших дней в Москве богатых усадебных комплексах: палатах Аверкия Кириллова на Берсеневской набережной, постройках Крутицкого подворья, палатах Юсупова в Харитоньевском переулке. В конце XVII в. в столице насчитывалось несколько десятков аналогичных усадеб с домовою церковью, палатами, просторными дворами, со множеством парадных и хозяйственных построек.

Для Москвы характерны широкие улицы, связанные с природой композиции, лестницы, рундуки, лоджии, галереи – разные элементы русского деревянного зодчества. Древесина как строительный материал в русской градостроительной культуре известна очень давно. В климатических условиях России жить в деревянном доме всегда считалось намного комфортнее и экономнее. Конечно, деревянные строения часто страдали от пожаров, но несмотря ни на что, восстанавливались быстро.

Городские дома строились в два-три этажа, а зажиточные дома дополнительно имели вышку (терем), т. е. жилой верхний ярус. В XVI в. появились каменные постройки, однако верхний этаж в них оставался по-прежнему деревянным.

Сначала в домах со вторым деревянным этажом жили богатые люди (бояре, купечество); на первом этаже в каменных помещениях находились парадные комнаты или кладовые, а повседневная жизнь протекала в деревянной, более комфортной части дома. Некоторые дворянские каменно-деревянные дома сохранились в Москве до наших дней. Их можно увидеть на Бауманской, в Замоскворечье, на Семеновской. Дом попроще – это одноэтажный с мезонином (рис. 2); дом, в котором жили более состоятельные горожане, – двухэтажный с мезонином, а иногда даже с бельведером, который открывал вид на отдаленные окрестности.

Богатые хозяева усадеб стремились максимально украсить свой дом, выражая в зодчестве эстетические и бытовые традиции Руси – России. Один из красивейших домов с бельведером – это дом Пашкова, построенный в 1784–1786 гг. по проекту архитектора В.И. Баженова (рис. 3). Этот знаменитый дом прошел путь от дворца и частной усадьбы до хранилища культурных ценностей мирового значения. Гармоничная архитектурная форма обрела соответствующее культурное и духовное содержание. Сейчас дом Пашкова входит в комплекс зданий Российской государственной библиотеки.

Москве во все времена была свойственна некоторая внешняя недисциплинированность, как, впрочем, и всей русской градостроительной традиции. Москвичи всячески избегали требования строить дома по красной линии улицы, хотя бы палисадником отделяя свой дом от пешеходной дороги или проезжей части.

Великий российский реформатор, царь-строитель Петр I в начале XVIII в. издал указ, чтобы улицы Москвы замостить природным камнем. Предписывалось крестьянам доставлять в Москву камни размером не менее гусиного яйца, а всем остальным приезжим было приказано ввозить в Москву не менее трех камней и сдавать их караульным. Поскольку уход за мостовыми был достаточно трудоемким

и затратным делом, Петр I возложил ответственность за порядок на мостовых на горожан: владельцы домов должны были содержать в порядке и чистоте ту часть улицы, которая прилегала к дому и двору. Однако большая часть улиц оставалась немощеной. Городским транспортом москвичей были кареты и повозки.

К концу XVIII в. численность постоянного населения столицы составляла почти 200 тыс. человек. В городе было около 90 тыс. дворов. 597 каменных домов принадлежало московскому купечеству; 755 каменных домов принадлежало дворянам (это 25% от всех дворянских домов); духовенство и мещане располагали только 6% каменных домов.

Москва в начале XIX в. напоминала большую деревню, особенно на окраинах. Во второй половине столетия центр города стал походить на большую торговую площадь. Численность москвичей возросла к концу века до 500 тыс. Все дороги прямой или ломаной линией вели к храмам, особенно в направлении к центру города. Улицы завершались вертикалями колоколен, башен Кремля, монастырей. В городе было множество домовых церквей, таких как домовый храм мученицы Татианы на Большой Никитской и Моховой при МГУ, домовая церковь Елисаветы Федоровны, церковь Тихвинской иконы Божией матери и др. Большинство таких церквей возводились благотворителями, которые пользовались, но не распоряжались ими и не являлись собственниками. После смерти домовладельцев храмы закрывались или переходили в собственность приходской церкви [5].

В российской архитектурной традиции начала XIX в. европейский классицизм принял «русское обличье»: у домов появились сначала терема и вышки, позднее – светлицы, мезонины, террасы для чаепитий, создававшие ощущение гармонии, слияния дома с пейзажем. Каждый дом, принадлежавший отдельной самостоятельной семье, располагал дворовым пространством и дополнительными постройками во дворе, предназначенными для содержания скотины и хранения имущества.

В это время в Москве повсеместно строились торговые ряды, возникали блошинные рынки. Москва превращалась в значимый транспортный узел: была построена железная дорога в Тверь, создавались дороги в направлении Сибири, к западной границе и к Черному морю. По всей столице строились новые учебные заведения – лицеи, училища, академии, гимназии и городские школы. Дворянства в Москве практически не осталось, все его представители переехали в Санкт-Петербург или в загородные поместья. Город, переживший когда-то эпидемию чумы, которая унесла жизни 200 тыс. москвичей, сгоревший наполовину в пожаре 1812 г., к началу XX столетия был красивым, златоглавым и уютным.

На рубеже XIX–XX вв. русские города утопали в зелени, и Москва не была исключением. Это было воплощением мечты о городе-саде со здоровой средой обитания. Примером усадьбы этого периода является усадьба Льва Толстого в Хамовниках, окруженная садом и парком с насыпной горкой и летней беседкой.

Революция 1917 г. и последующий переезд правительства в Кремль после возвращения Москве статуса столицы определили подчинение градостроительной концепции города идее создания нового образа Москвы. Декрет 1918 г. «О памятниках республики» определял, что столица должна быть важным идеологическим и пропагандистским сим-

волом советской эпохи, чтобы способствовать формированию нового типа человека.

Независимо от масштабов города в разные его исторические досоветские периоды Москва имела фактически два центра. Церковно-государственный центр – это Кремль с соборами, на территории которого располагались княжеский (позднее – воеводский двор) и архиерейский дворы. Другим центром являлась торговая площадь с торговыми рядами, гостиным и мытным дворами. Различные государственные структуры устремлялись к церковно-государственному центру – к Кремлю. Все остальные учреждения ориентировались на торговую площадь.



Рис. 4. Проект Дворца Советов. Вариант 1937–1940 гг.



Рис. 5. Иверская часовня на Красной площади

До начала сталинского периода застройки Москвы всегда последовательно соблюдался четкий градостроительный принцип: город должен быть соразмерным, сомасштабным человеку и его жизненным потребностям. Так, в ясную погоду с Кремлевского холма можно было видеть не только весь город, но и Коломенское, несмотря на то что оно рас-



Рис. 6. Жилой дом на Кудринской площади (бывш. площади Восстания)



Рис. 7. Храм Покрова Богородицы в Филях



Рис. 8. Новодевичий монастырь

полагалось в 10 км от Кремля. Такой Москва запечатлена на фотоснимках, сделанных во второй половине XIX в. с крыши храма Христа Спасителя и колокольни Ивана Великого.

С 1918 г. архитекторы столицы работали над воплощением в камне социалистического облика Москвы, которая могла бы удивить и древних римлян громадинами городских сооружений, зданий и площадей. Именно так представлялась И.В. Сталину мировая столица коммунизма, которую он стремился построить. Идея будущего города-декорации, положенная в основу Генерального плана реконструкции Москвы 1935 г., заключалась в том, что на огромном открытом пространстве предполагалось проведение массовых театрализованных празднеств вокруг единого символического центра. При воплощении этого грандиозного плана был сооружен мавзолей на Красной площади, а также к 1942 г. (к концу III пятилетки) планировалось возвести самое грандиозное здание столицы – Дворец Советов (рис. 4) на месте храма Христа Спасителя. Соратник вождя пролетариата Л. Красин в одной из своих статей, посвященной увековечению памяти В.И. Ленина, писал о том, что это будет место, которое по количеству паломников к гробнице с телом вождя будет превосходить Мекку или Иерусалим. Сейчас этот феномен стал всего лишь страницей российской истории, а уникальное архитектурное сооружение – мавзолей – является памятником культурного наследия России.

В 1931 г. ради строительства Дворца Советов был снесен храм Христа Спасителя. Суть нового плана реконструкции Москвы состояла в том, чтобы вытеснить православные символы из сознания людей, предложив им замену в виде высотных зданий, которые должны были стать символами советского периода. На месте сносимых церквей, например уничтоженной в 1929 г. часовни Иверской иконы (рис. 5), считавшейся хранилищем православной Москвы, появлялись школы, дворцы культуры, клубы, библиотеки или оставались огромные пустыри. Так, например, была реконструирована Тверская улица, получившая название улицы Горького. На всем ее протяжении не осталось ни одной церкви, за исключением храма Космы и Дамиана в Столешниковом переулке. Старинные дома Москвы либо уничтожались, либо перестраивались так, что их было не узнать, и главное – они освобождали место огромным сталинским зданиям, которые становились условными локальными центрами микрорайонов Москвы. Как в царской России православные храмы, так и высотки собирали прилегающие улицы, как лучи солнца, вокруг себя и в городской перспективе были видны отовсюду.

Москва меняла свое историческое булыжное покрытие на асфальт. До начала войны в Москве было построено 11 мостов и почти 50 км гранитных набережных, пущен Метрополитен имени Л.М. Кагановича, построены два аэропорта, канал Москва – Волга, комплекс ВДНХ. Помимо этого в Москве было построено семь высотных зданий (рис. 6), такие известные гостиницы, как «Москва», «Советская» и «Пекин», а также здание Библиотеки им. Ленина, здание Концертного зала им. П.И. Чайковского и другие фундаментальные строения, ставшие символами сталинской эпохи.

До 1940 г. в соответствии с планом реконструкции столицы в городе было возведено более 500 жилых многоэтажных домов. 800-летие Москвы планировалось встретить совершенно в новом облике, с историческим прошлым которого связывало только имя столицы, Кремль, закрытый для простых горожан, и несколько десятков исто-

рических зданий. Генеральный план реконструкции собирались выполнить за 10 лет, однако начавшаяся война приостановило реализацию плана.

Смерть И.В. Сталина остановила помпезное строительство в Москве; были приняты правительственные решения об отказе от архитектурных излишеств и о необходимости новых технологических решений в строительстве. Примерами этой упрощенной застройки городских площадей стали: Останкинская телебашня, Кремлевский Дворец съездов, дом-книжка и др. Эти сооружения являются памятниками эпохи Н.С. Хрущева, который стремился подражать в значительной степени США и тем самым вредил историческому облику столицы.

В 1950-е гг. начался новый этап жилищного строительства, архитектурный минимализм которого проявился в возведении однотипных относительно дешевых зданий с малогабаритными квартирами, – так решалась острая жилищная проблема москвичей. Столица интенсивно застраивалась пятиэтажными блочными и панельными жилыми домами, похожими на унылые однотипные коробки. Несколько позже этажность домов возросла, но это не прибавило жилым строениям эстетики, они были все так же похожи на безликие типовые панельные коробки. В работах современных исследователей предлагаются разные варианты реконструкции и модернизации жилых объектов данного типа [6].

С началом перестройки в стране интенсивнее стали строиться новые жилые кварталы или отдельные дома, непохожие по архитектуре на своих предшественников эпохи Сталина и Хрущева. Новостройки своеобразно красивы, усиливают разнообразие архитектурной стилистики города.

Начало XXI в. для Москвы ознаменовано тем, что были утрачены многие исторические здания, в том числе те, которые являлись объектами со статусом национального достояния. Они были разрушены с целью освобождения территорий для новых дорогих отелей и апартаментов.

Основные положения действующего ныне Генерального плана развития Москвы на период до 2020 г. предусматривают сохранение и преумножение историко-культурного, ландшафтного и архитектурно-пространственного своеобразия Москвы; создание для нынешних и будущих поколений безопасной, благоприятной для жизнедеятельности и разнообразной городской среды. Охрана культурного наследия в градостроительной концепции предполагает систему регламентов, направленных на сохранение и развитие индивидуального облика города.

Транспортная инфраструктура Москвы нуждается в развитии единой системы, обеспечивающей взаимодействие и взаимодополняемость индивидуального и общественного транспорта.

Комфортная среда обитания для горожан начинает создаваться с грамотного планирования и осуществления архитектурных преобразований в городе, комплексного совершенствования условий социальной жизни с точки зрения устройства быта, эстетики окружающей среды, комфортности инфраструктуры и др. Однако современные исследователи градостроения и архитектуры отмечают, что на сегодняшний день отсутствует национальная градостроительная доктрина и превалирует мнение о нецелесообразности организации градостроительной деятельности с позиции градообразующих отраслей. Поэтому перед архитекторами и градостроителями встает ряд вопросов, связанных с концептуальными основаниями разработки градопланировочной документации. Что должно лежать в

основе градостроительного плана, если не развитие производства [7]? Масштабы современной Москвы позволяют определять эти приоритеты градостроительной политики индивидуально для разных территорий столицы.

Современная Москва – самобытный и неповторимый мегаполис, столица многонационального и поликонфессионального государства. Поэтому в ней помимо православных храмов расположены культовые здания всех мировых религий. Для жителей столицы открыто 958 православных храмов и 13 монастырей; четыре католических храма; пять мечетей; девять синагог; три буддийских храма.

Столица, и особенно центр, красива неповторимой красотой. В ней много памятников, охраняемых ЮНЕСКО: Московский Кремль и Красная площадь, церковь Вознесения в Коломенском, ансамбль Новодевичьего монастыря; кандидатами на внесение в список всемирного наследия являются Странноприимный дом графа Шереметева; храм Христа Спасителя; архитектурно-парковый ансамбль «Измайлово». Количество недвижимых памятников истории и культуры, состоящих под охраной государства, приближается к 3 тыс. объектов.

Москва сохраняет свое неповторимое многообразие архитектуры, является столицей многих культур и народов. В современной столице есть прекрасные образцы архитектуры и зодчества: барокко (дом князя Голицына в Охотном ряду, храм Покрова Богородицы в Филях (рис. 7), Новодевичий монастырь (рис. 8)), классицизма (дом Пашкова, Московский университет на ул. Моховой (рис. 9)), сталинского ампира (здания МГУ на Ленинских горах,



Рис. 9. Здание МГУ на Моховой улице



Рис. 10. Ярославский вокзал



Рис. 11. Особняк купца А.А. Морозова, ул. Воздвиженка, д. 6



Рис. 12. Дом-мастерская архитектора К.С. Мельникова

МИДа); модерна (здание Ярославского вокзала (рис. 10)) и эклектики (особняк купца А.А. Морозова на ул. Воздвиженка (рис. 11)), авангарда (дом-мастерская советского архитектора К.С. Мельникова на Арбате (рис. 12)) и др. XXI в. начался строительством зданий Московского международного делового центра Москва-Сити (рис. 13), представляющего собой комплекс высоких башен различной конфигурации. Транспортная система Москвы, особенно ее подземная часть, интенсивно развивающаяся в последнее время, должна тщательным образом подкрепляться геологическими изысканиями. Более 9 млн человек, которые ежедневно входят и выходят в московскую подземку, должны быть надежно защищены бесперебойной и четкой работой многих служб, обеспечивающих жизнедеятельность сложного организма метро.

Сложные и многоплановые инженерные разработки ведутся не только по реализации программы правительства Москвы по освоению подземного пространства, но и для усовершенствования автомобильных дорог столицы, соединяющих ее с другими регионами страны.

В огромном городе, население которого почти 12,5 млн человек, к которым ежедневно прибавляются примерно 9 млн приезжих, не может не быть проблем. Скудность населения, перегруженность автомобильных дорог и метро, отсутствие должного социального контроля за наличием и состоянием стационарных общественных туалетов, чистотой и эстетикой мусоросборных территорий во дворах, особенно там, где есть рядом продуктовые магазины; заставленные автомобилями дворы и улицы окраин города – это лишь верхушка огромного айсберга проблем, которые имеет современная Москва. Эстетическое восприятие города также портят многочисленные жилые дома первых массовых серий; палатки возле станций метро на окраинах (хотя изрядно поредевшие за 2015 г.).

При планировании застройки городских территорий, при замене одних построек другими главной целью всех модернизаций городской столичной архитектуры должно быть удовлетворение социальных потребностей населения, качественная организация его жизнедеятельности. Столица должна постоянно наращивать свой интеллектуальный потенциал и духовную атмосферу, поэтому необходимо развивать учреждения культуры, кинообслуживание, библиотеки, театры, музеи, концертные залы, парки культуры и отдыха, выставки и др. Все это есть в современной Москве, но этого недостаточно для того, чтобы среда обитания в городе была комфортной, эстетичной, удобной, отвечающей современным стандартам.

Правительством Москвы с 2011 г. ведется большая работа для создания комфортной городской среды, включая уборку придомовых территорий, вывоз брошенного транспорта, ремонт асфальтового покрытия, содержание в надлежащем порядке площадок для сбора бытовых отходов, обрезку деревьев, ремонт детских площадок, обустройство площадок для выгула собак.

К негативным сторонам социальной жизни современной столицы можно отнести внешнюю сторону торгового и бытового обслуживания, а также сети общественного питания. Множество неряшливых ларьков-лачуг продолжает портить внешний вид Москвы и в особенности ее окраин.

Из городской среды обитания практически совсем исчезли магазины с традиционными названиями «Булочная-кондитерская», «Гастроном», «Молочные продукты», «Народные промыслы» и др. Вместо магазинов, выстроенных в народном, историческом стиле, все больше появляется несвойственных средней полосе России «Магнолий», «Дикси», «Ашанов», «Метро» и др.

Аналогично складывается ситуация в сфере общественного питания. Если обратить внимание на уличные вывески кафе и ресторанов, то названия «Теремок», «Елки-палки», «Блинная», «Пельменная», «Трактир» с лихвой перекрываются восточным (и не только) многоцветьем «Чайхона № 1», «Чайхана», «Генацвали», «Шеш-беш», «Хинкальная», «Джонджолли», «Урюк», «Чабан-хаус» и др., не говоря уже о многочисленных в Москве японских и китайских вывесок. Такое размывание привычных представлений о русскоязычных названиях пищи может привести к совершенному скорому исчезновению «Чайных», «Кофеен», «Сладкоежек», «Вареников», «Русских двориков».



Рис. 13. Московский международный деловой центр Москва-Сити

Не уменьшается и острота социальной проблемы, связанной с проектированием условий для деятельности человека в семье и быту, которая начинается с заботы о жилье. Остается значительное количество претензий по качеству жилья, которое часто не отвечает требуемому уровню комфортности.

Очевидно, что социальные проблемы городской жизни нужно решать только на основе учета интересов населения.

Социально-бытовые исследования инфраструктуры столицы указывают, что идеальный город на практике мало реализуем из-за разных представлений его жителей [8]. Вместе с тем в основе современной градостроительной политики должны быть такие определяющие положения, как благоприятная эстетическая среда, гармоничная связь с природой и доступность транспортных коммуникаций.

Таким образом, бытовая культура народа во многом зависит от того, насколько комфортно и эстетично обустроена территория города в социально-бытовом плане.

Москва – один из самых красивых городов мира, который интенсивно строится и в то же время сохраняет свою историческую память, свой православный лик. Город развивается многопланово и разностильно, создавая всеобъемлющий образ столицы разных народных культур многонациональной страны. Москва во все времена имела планировку и архитектуру [9], организованную оптимально в эстетическом и социально-бытовом плане и гармонично объединявшую природу и быт человека. И современная градостроительная политика должна быть направлена на создание жилых кварталов с развитой инфраструктурой, позволяющей жителям города ощущать повседневный комфорт.

Хотелось бы, чтобы и районы московских окраин стали приобретать обновленный современный облик, подчеркивающий традиционность российской культуры и отвечающий современным стандартам комфортной среды для жизни москвичей и гостей города.

Список литературы

1. Зубанова С.Г., Кузнецова Н.В., Пантелеев И.В., Рузанова Н.П., Федорова Н.В., Денисова Л.Е., Безшлеева Н.Ю. Актуальные концепты современности: христианско-православный подход. М.: ИНФРА-М. 2015. 224 с.
2. Зубанова С.Г. Роль русской Православной Церкви в интеграции и сплочении российского общества: Сбор-

ник научных статей и учебно-методических материалов «Соотношение международного и национального права: теория, практика, проблемы преподавания». СПб.: Астерион. 2009. С. 172–182.

3. Алферова Г.В. Русские города XVI–XVII веков. М.: Стройиздат. 1989. 216 с.
4. Кудрявцев М.П. Москва – Третий Рим. Историко-градостроительное исследование. М.: Троица. 2007. 288 с.
5. Дорская А.А., Зубанова С.Г. Правовое регулирование имущества религиозного назначения в Российской империи // *Вестник Пятигорского государственного лингвистического университета*. 2012. № 2. С. 372–376.
6. Прокофьева И.А. Хрущевки – снос или реконструкция: современные тенденции. *Жилищное строительство*. 2015. № 4. С. 43–46.
7. Богданов В.С., Просянюк Д.В. Территориальное расширение Москвы – стратегия развития или необоснованная необходимость? // *Вестник института социологии*. 2015. № 13. С. 53–70.
8. Болтаевский А.А. Город, удобный для жизни // *Урбанистика*. 2015. № 1. С. 1–9. http://e-notabene.ru/urb/article_16035.html (дата обращения 26.04.2016).
9. Иванова-Везн Л.И. Жилой дом в учебных проектах архитектурных школ Москвы XIX – начала XX в. // *Жилищное строительство*. 2015. № 11. С. 41–43.

References

1. Zubanova S.G., Kuznetsova N.V., Panteleev I.V., Ruzanova N.P., Fedorova N.V., Denisova L.E., Bezshleeva N.Yu. Aktual'nye kontsepty sovremennosti: khristiansko-pravoslavnyi podkhod. [Actual concepts of the present: Christian and orthodox approach]. Moscow: INFRA-M. 2015. 224 p.
2. Zubanova S.G. A Role of Russian Orthodox Church in integration and unity of the Russian society. *Collection of scientific articles and educational and methodical materials «Ratio of the international and national law: theory, practice, teaching problems»*. Sankt-Peterburg: Asterion. 2009, pp. 172–182. (In Russian).
3. Alferova G.V. Russkie goroda XVI–XVII vekov. [Russian cities of the 16–17th centuries]. Moscow: Stroizdat. 1989. 216 p.
4. Kudryatsev M.P. «Moskva – Tretii Rim». [«Moscow – The third Rome»]. Moscow: Troitsa. 2007. 288 p.
5. Dorskaya A.A., Zubanova S.G. Legal regulation of property of religious appointment in the Russian Empire. *Vestnik Pyatigorskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta*. 2012. No. 2, pp. 372–376. (In Russian).
6. Prokofieva I.A. Panel Five-Storey Buildings of the 1960s: Demolition or Reconstruction – Current Trends. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2015. No. 4, pp. 43–46. (In Russian).
7. Bogdanov V.S., Prosyanyuk D.V. Territorial expansion of Moscow – strategy of development or unreasonable need? *Vestnik instituta sotsiologii*. 2015. No. 13, pp. 53–70. (In Russian).
8. Boltaevskii A.A. The City convenient for life. *Urbanistika*. 2015. No. 1, pp. 1–9. http://e-notabene.ru/urb/article_16035.html (date of access 19.03.14). (In Russian).
9. Ivanova-Veen L.I. A Residential House in Training Projects of Moscow Architectural schools of the XIX – beginnings of XX Century. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2015. No. 11, pp. 41–43. (In Russian).

УДК 624.012.45

В.С. ФЕДОРОВ¹, д-р техн. наук, академик РААСН;
Вл.И. КОЛЧУНОВ², д-р техн. наук;
А.А. ПОКУСАЕВ¹, инженер (fvs_skzs@mail.ru)

¹ Московский государственный университет путей сообщения (127994, г. Москва, ул. Образцова, 15)

² Юго-Западный государственный университет (305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94)

Расчет расстояния между пространственными трещинами и ширины их раскрытия в железобетонных конструкциях при кручении с изгибом (случай 2)

Рассмотрен способ расчета расстояния между пространственными трещинами и ширины их раскрытия в железобетонных конструкциях при кручении с изгибом (случай 2 – сжатая зона бетона расположена у боковой грани железобетонной конструкции). Получены аналитические зависимости для нахождения внутренних усилий, возникающих в двух блоках: отсекаемом сечением, проходящим в конце пространственной трещины; образуемом спиралеобразной трещиной и вертикальным сечением, проходящим по сжатой зоне бетона через конец фронта пространственной трещины. Проекция опасной пространственной трещины отыскивается как функция многих переменных и имеет четкую физическую интерпретацию в виде множества пространственных сечений, на равновесие которых влияют параметры, входящие в составленные уравнения. Среди этого множества сечений найдется такое, которому будет соответствовать максимальная ширина раскрытия пространственных трещин. Для определения действительного напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций возникает необходимость в наличии полной картины трещинообразования в процессе нагружения. Рассмотрены не только различные уровни трещинообразования пространственных трещин, но и построены формулы для определения расстояний между ними. Опираясь на построенную расчетную схему, авторы получили уравнения для определения расстояния между пространственными трещинами различных видов и ширины их раскрытия.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, кручение с изгибом, пространственная трещина, расстояние между трещинами, ширина раскрытия пространственных трещин.

V.S. FEDOROV¹, Doctor of Sciences (Engineering) Academician RAACS;

V.I. KOLCHUNOV², Doctor of Sciences (Engineering);

A.A. POKUSAEV¹, Engineer (fvs_skzs@mail.ru)

¹ Moscow State University of Railway Engineering (15, Obraztsova Street, Moscow, 127994, Russian Federation)

² Southwest State University (94, 50 let Oktyabrya Street, Kursk, 305040, Russian Federation)

Calculation of a Distance between Spatial Cracks and Widths of Their Openings in Reinforced Concrete Structures at Torsion with Bending (the 2nd Case)

The method for calculation of a distance between spatial cracks and a width of their openings in reinforced concrete structures at torsion with bending (the 2nd case – the compressed zone of concrete locates near the side edge of the concrete structure) is considered. Analytical dependences for finding the internal stresses arising in two blocks, a block cut off by the section at the end of the spatial crack, and block formed by the spiral crack and the vertical section passing along the compressed zone through the end of the front of spatial crack, have been obtained. The projection of a dangerous spatial crack is sought as a function of many variables and has a clear physical interpretation in the form of multiple spatial sections the balance of which is influenced by parameters included in the compiled equations. Among this multitude of sections there is a section to which the maximum opening width of spatial cracks will correspond. To determine the real stress-strain state of concrete structures it is necessary to have the complete picture of crack formation in the process of loading. Various levels of spatial cracks formation were considered, and formulae for determining the distance between them were also developed. Based on the design scheme, equations for determining the distance between spatial cracks of different types and different widths of their openings have been obtained.

Keywords: reinforced concrete structures, torsion with bending, spatial crack, distance between cracks, width of spatial cracks opening.

За последние два десятилетия в архитектурно-конструктивных системах жилых и гражданских зданий произошли значительные изменения, вызванные повышением требования к теплозащите ограждающих стен. Одним из наиболее распространенных конструктивных решений наружного контура монолитных и сборно-монолитных каркасов зданий стали поэтажно возводимые самонесущие стены на этаж, опирающиеся на железобетонные перфорированные риге-

ли с терморазъемами [1]. Конструкция такого ригеля испытывает сложное сопротивление – кручение с изгибом. В то же время в актуализированных нормах СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции» методика расчета железобетонных конструкций на такой вид напряженного состояния для элементов сплошного и составного сечения носит весьма условный характер. Поэтому развитие теории железобетона и методов расчета железобетонных

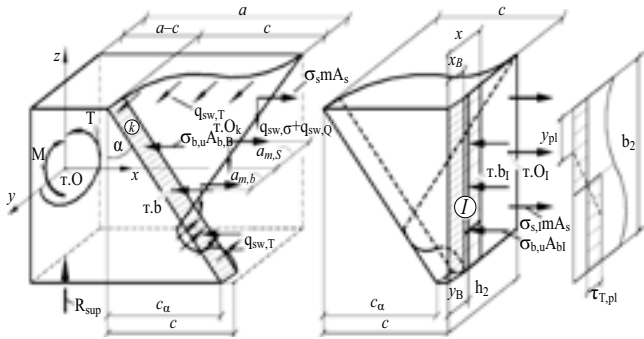


Рис. 1. Расчетная схема сопротивления железобетонной конструкции при совместном действии изгибающего момента, крутящего момента и поперечной силы (случай 2): $\sigma_s, m A_s$ – сжатая зона пространственного сечения; ϵ_s – сжатая зона сечения I–I

конструкций при сложном напряженном состоянии по предельным состояниям обеих групп сохраняет актуальность.

В связи с этим возникает практическая потребность в разработке расчетных методов, в частности для определения расстояния между пространственными трещинами и ширины их раскрытия в железобетонных конструкциях при кручении с изгибом.

Крутящие моменты в железобетонной конструкции образуют спиралеобразную трещину, которая в пределах трех граней элемента вместе с замыкающей ее сжатой зоной по четвертой грани образует пространственное сечение [2–4] по двум расчетным случаям.

До настоящего времени в СП 63.13330.2012 не учитывается влияние сложного напряженного состояния на величину напряжений в сжатом бетоне, при определении проекции опасной пространственной трещины не используется условие минимума функции многих переменных и т. п., что в ряде случаев существенно снижает точность выполняемого расчета.

Способ расчета, лишенный отмеченных недостатков, применительно к случаю 1 приведен в работе [5].

Случай 2, когда сжатая зона бетона расположена у боковой грани железобетонной конструкции, реализуется при сопротивлении железобетонных элементов, подверженных совместному действию поперечных сил, крутящих моментов и изгибающих моментов.

Для построения расчетных уравнений используем расчетную схему с двумя сечениями, отделяющими от железобетонного элемента два блока (рис. 1). Первый блок отделяется поперечным сечением I–I, проходящим в конце пространственной трещины. Этот блок находится в равновесии под действием внешних усилий, приложенных со стороны опоры, и внутренних усилий, возникающих в месте проведения сечения.

Из уравнения равновесия моментов внутренних и внешних сил в этом сечении I–I относительно точки O_1 , проходя-

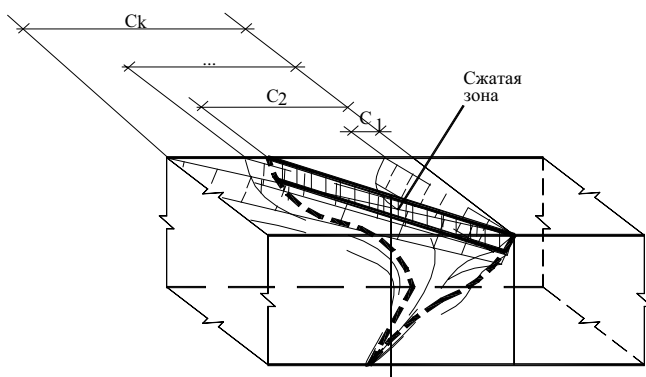


Рис. 2. Физическая интерпретация разрешающей системы уравнений

щей через точку приложения равнодействующей усилий в растянутой арматуре ($\Sigma M_{O_1} = 0$), получим:

$$\sigma_{b,1} A_b [h_0 - \varphi_{y,2}(x_b, x) \cdot x] - M - R_{sup} a_{m,S} = 0, \quad (1)$$

где $a_{m,S}$ – расстояние по горизонтали от опоры по направлению оси u до центра тяжести рабочей продольной арматуры в сечении I–I (точка O_1); $\varphi_{y,2}(x_b, x)$ – статико-геометрический параметр, учитывающий расположение центра тяжести сжатой зоны бетона в сечении I–I (на участке x_b эпюра сжимающих напряжений прямоугольная, на участке $x - x_b$ – треугольная); R_{sup} – опорная реакция в первом блоке (рис. 1), для второй группы предельных состояний этот параметр известен. Из этого уравнения отыскивается неизвестное $\sigma_{b,1}$.

Из уравнения равновесия проекций всех сил, действующих в сечении I–I на ось x , находим высоту сжатой зоны бетона x в этом сечении. Уравнение принимает вид:

$$\sigma_{b,1} \cdot \varphi_{y,2}(x_b, x) \cdot A_b - \sigma_{s,1} m A_{s,1} = 0. \quad (2)$$

В этом уравнении вместо $\varphi_{y,1}(x_b, x)$ используется параметр $\varphi_{y,2}(x_b, x)$, который с точностью до числового коэффициента совпадает с параметром $\varphi_{y,1}(x_b, x)$, учитывающим проецирование диаграммы $\sigma - \epsilon$, на направление, перпендикулярное плоскости k (рис. 1).

Из уравнения равновесия моментов внутренних и внешних сил, действующих в сечении I–I относительно оси, перпендикулярной к этому сечению и проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в сжатой зоне ($\Sigma T_{b,1} = 0$), получим:

$$2 \times 0,5 \tau_T \cdot \frac{b}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{b}{2} \cdot x - T = 0. \quad (3)$$

Это уравнение при рассмотрении второй группы предельных состояний (здесь T задано через соотношение R_{sup}/T) используется для определения τ_T .

При этом проверяется выполнение следующего условия:

$$\tau_T \leq \tau_{T,pl}. \quad (4)$$

Если условие (4) не выполняется, тогда τ_T полагается равным $\tau_{T,pl}$, а из преобразованного уравнения (3) отыскивается параметр y_{pl} (рис. 1):

$$2 \cdot [\tau_{T,pl} \cdot y_{pl} (b/2 - 0,5 y_{pl}) + 0,5 \tau_{T,pl} (b/2 - y_{pl})^2 / 3 (b/2 - y_{pl})] \cdot x - T = 0. \quad (5)$$

После выполнения соответствующих алгебраических преобразований выражение примет вид:

$$y_{pl} = \frac{3b \pm \sqrt{9b^2 - 28 \left(\frac{6T}{x \cdot \tau_{T,pl}} - b^2 \right)}}{14}. \quad (6)$$

Следует заметить, что для случая 2, рис. 1, эпюра τ_T , как правило, близка к прямоугольной.

Из гипотезы пропорциональности продольных деформаций находим $\sigma_{s,i}$:

$$\sigma_{s,i} = \frac{\sigma_b \cdot E_s(\lambda)}{E_b(\lambda)} \cdot \frac{h_0 - x}{x} + \sigma_0. \quad (7)$$

При этом необходима проверка условия:

$$\sigma_{s,i} \leq R_s. \quad (8)$$

Если условие (8) не выполняется, то $\sigma_{s,i}$ полагается равным R_s .

Второй припорный блок отделяем от железобетонного элемента пространственным сечением, образуемым спиралеобразной трещиной и вертикальным сечением, проходящим по сжатой зоне бетона через конец фронта пространственной трещины.

Равновесие этого блока обеспечивается выполнением следующих условий.

Сумма моментов всех внутренних и внешних сил, действующих в вертикальной продольной плоскости, по отношению к оси y относительно точки приложения равнодействующей усилий в сжатой зоне равна нулю ($\sum M_b = 0$, блок II):

$$\sigma_s m A_s (h_0 - 0,5x_b) - M - R_{sup} \cdot a_{m,b} = 0, \quad (9)$$

где $a_{m,b}$ – расстояние по горизонтали от опоры по направлению оси y до центра тяжести сжатой зоны бетона в сечении k (точки b). При этом необходимо сделать акцент на том, что момент, создаваемый $R_{sup} \cdot a_{m,b}$ будет крутящим по отношению к оси x и относительно точки b ; момент M будет изгибающим по отношению к оси y и относительно точки b ; момент, создаваемый $\sigma_s m A_s (h_0 - 0,5x_b)$, будет изгибающим по отношению к оси z и относительно точки b .

Следует отметить, что в этом уравнении моменты $q_{sw,T} \frac{c^2}{8}$, возникающие на боковых гранях от продольных усилий в поперечной арматуре, взаимно уравновешиваются относительно точки b .

Это же относится и к моментам, вызываемым нагельными составляющими в продольной арматуре [6].

Из уравнения (9) определяется неизвестное σ_s .

Необходимо также сделать оговорку по поводу параметра σ_b (напряжения в сжатом бетоне сечения k , рис. 1). При определении этого параметра нельзя использовать моментное уравнение равновесия (оно уже использовано для определения σ_s в пространственном сечении. Здесь логично привлечь дополнительное переходное уравнение от сечения I–I:

$$\frac{M_I}{M_k} = \frac{a}{c - 0,5b \cdot \sin \alpha}. \quad (10)$$

Из этого дополнительного соотношения отыскивается M_k , тогда, зная M_k , получим:

$$\sigma_b = \frac{M_I \cdot (c - 0,5b \cdot \sin \alpha)}{a \cdot A_b \cdot \varphi_{np} \cdot (\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) \cdot (h_0 - \varphi_y(x_b, x) \cdot x_b)}, \quad (11)$$

где a – расстояние по горизонтали от опоры до центра тяжести всей продольной арматуры в сечении k . Из уравнения (9) определяется неизвестное σ_b .

Сумма проекций всех сил, действующих в пространственном сечении на ось x , равна нулю ($\sum X = 0$, блок II).

$$\sigma_b \varphi_{np}(\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) \cdot x_b \cdot \sqrt{c_\alpha^2 + b^2} - \sigma_s m A_s - 2q_{2sw} \cdot \sqrt{(h_0 - x_b)^2 + c^2} = 0. \quad (12)$$

Из уравнения (12) отыскивается неизвестное x_b :

$$x_b = \frac{2q_{2sw} \cdot \sqrt{(h_0 - x_b)^2 + c^2} + \sigma_s m A_s}{\sigma_b \varphi_{np}(\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) \cdot \sqrt{c_\alpha^2 + b^2}}. \quad (13)$$

Сумма моментов внутренних и внешних сил в вертикальной поперечной плоскости относительно оси x , проходящей через точку приложения равнодействующих усилий в сжатой зоне, равна нулю ($\sum T_b = 0$, блок II):

$$(q_{sw,\sigma} + q_{sw,Q}) \sqrt{c_\alpha^2 + b^2} \cdot (h_0 - 0,5x_b) - 2q_{sw,T} \sqrt{(h_0 - x_b)^2 + c^2} - 2\tau_T \omega \cdot x_b - T = 0. \quad (14)$$

Из уравнения (14) отыскивается неизвестное $q_{sw,T}$:

$$q_{sw,T} = \frac{(q_{sw,\sigma} + q_{sw,Q}) \sqrt{c_\alpha^2 + b^2} \cdot (h_0 - 0,5x_b) - 2\tau_T \omega \cdot x_b - T}{2\sqrt{(h_0 - x_b)^2 + c^2}}. \quad (15)$$

Сумма проекций всех сил, действующих в пространственном сечении на ось z , равна нулю ($\sum Z = 0$, блок II):

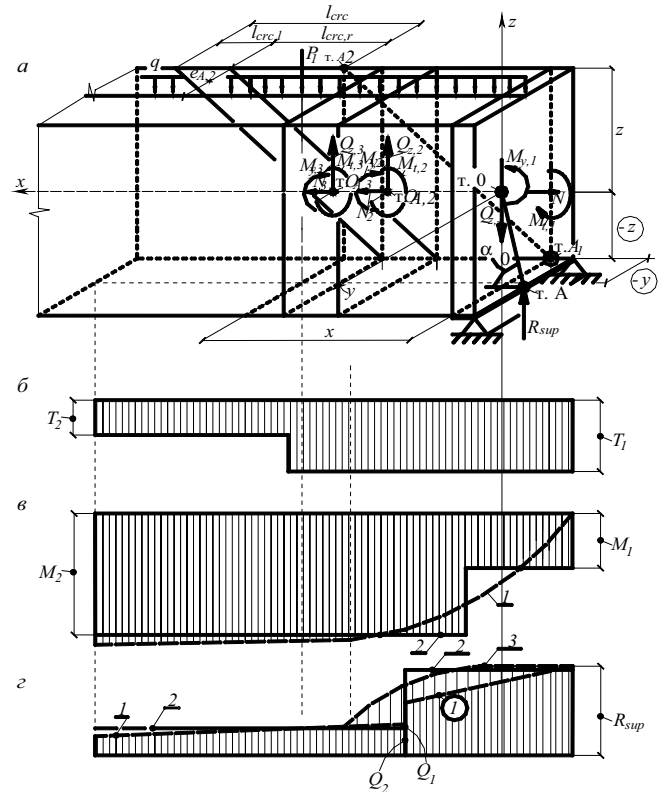


Рис. 3. Расчетная схема к определению расстояния между трещинами первого вида (случай 2): а – схема усилий и выбор системы координат к образованию первой пространственной трещины; б, в, г – эпюры M_x , M_y и Q_x соответственно; 1 – действительная эпюра; 2 – принимаемая для расчета; 3 – эпюра поперечных сил от местного поля касательных напряжений

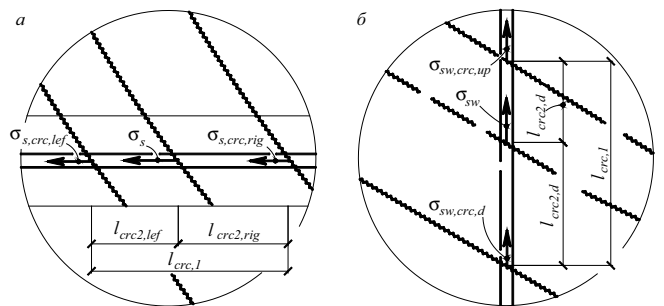


Рис. 4. Расположение смежной трещины последующего уровня между двумя трещинами предыдущего уровня: а – вдоль оси поперечной арматуры; б – вдоль оси продольной арматуры

$$(q_{sw,\sigma} + q_{sw,Q}) \sqrt{c_\alpha^2 + b^2} + \sigma_b \cdot \varphi_{np}(\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha^2) \cdot x_b \cdot \sqrt{c_\alpha^2 + b^2} - \tau_T x_b \sqrt{c_\alpha^2 + b^2} = 0. \quad (16)$$

Из уравнения (16) отыскивается неизвестное $q_{sw,Q}$:

$$q_{sw,Q} = \tau_T x_b - q_{sw,\sigma} - \sigma_b \cdot \varphi_{np}(\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha^2) \cdot x_b. \quad (17)$$

Неизвестное $q_{sw,\sigma}$ отыскивается из следующих соображений. Это погонное усилие возникает на боковой грани от действия $T + R_{sup} e_Q$, так же как и погонное усилие $q_{sw,T}$, возникающее на верхней и нижней гранях, поэтому отличие его от последнего будет состоять в том, чтобы учесть соотношение b_2/h_2 и характеристики используемой арматуры. Тогда:

$$\frac{q_{sw,\sigma}}{q_{sw,Q}} = \frac{h_2}{b_2} = \frac{R_{sw,\sigma} A_{sw,\sigma}}{R_{sw,T} A_{sw,T}} = \eta_T. \quad (18)$$

Отсюда следует:

$$q_{sw,\sigma} = q_{sw,T} \eta_T. \quad (19)$$

Нагельные усилия в продольной Q_s и поперечной арматуре $q_{sw,2}$ определяются из специальной модели «нагельного эффекта», рассмотренной в работах [6, 7].

Важнейшим параметром является также определение проекции опасной наклонной трещины как функции многих переменных [5, 8]. Для этого составляется функция:

$$F(x, x_b, y_{pl}, \sigma_b, \sigma_s, q_{sw,Q}, q_{sw,T}, q_{sw,\sigma}, \sigma_{b,T}, \sigma_{s,T}, c, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}). \quad (20)$$

Переменные, входящие в функцию (20), связаны вышеприведенными уравнениями.

Приравнявая частные производные функции (20) по каждой из этих переменных, получим дополнительную систему уравнений для определения вспомогательных неизвестных $\lambda_1 - \lambda_{10}$ и c .

Эта дополнительная система уравнений совместно с вышеприведенными уравнениями имеет четкую физическую интерпретацию (рис. 2). Множество, в котором отыскивается решение дополнительной системы уравнений и вышеприведенных уравнений, представляет собой множество пространственных сечений, на равновесие которых влияют параметры, входящие в эти уравнения. Среди этого множества сечений найдется такое, которому будет соответствовать минимум несущей способности $R_{sup \min}$. Значение c и будет соответствовать решению этих систем уравнений.

После алгебраических преобразований формула для определения c примет вид:

$$d_1 \cdot c^{10} + d_2 \cdot c^9 + d_3 \cdot c^8 + d_4 \cdot c^7 + d_5 \cdot c^6 + d_6 \cdot c^5 + d_7 \cdot c^4 + d_8 \cdot c^3 + d_9 \cdot c^2 + d_{10} \cdot c + d_{11} = 0, \quad (21)$$

где

$$\begin{aligned} d_1 &= a_{53}^2; \quad d_2 = 2a_{53}a_{54}; \quad d_3 = a_3a_{53}^2 + a_{54}^2 - a_{58}^2 + 2a_{53}a_{55}; \\ d_4 &= 2a_3a_{53}a_{54} - 2a_{58}a_{59} + 2a_{53}a_{56} + 2a_{54}a_{55}; \\ d_5 &= a_3a_{54}^2 + 2a_3a_{53}a_{55} + a_{55}^2 + 2a_{53}a_{57} + 2a_{54}a_{56} + 2a_{54}a_{57} - a_{59}^2 - 2a_{58}a_{60}; \\ d_6 &= 2a_3a_{53}a_{56} + 2a_3a_{54}a_{55} + 2a_{55}a_{56} - 2a_{58}a_{61} - 2a_{59}a_{60}; \\ d_7 &= 2a_3a_{53}a_{57} + a_3a_{55}^2 + 2a_{55}a_{57} + a_{56}^2 - a_{60}^2 - \\ &\quad - 2a_{58}a_{62} - 2a_{59}a_{61} + 2a_3a_{54}a_{56} + 2a_3a_{54}a_{57}; \\ d_8 &= -2a_{59}a_{62} - 2a_{60}a_{61} + 2a_3a_{55}a_{56} + 2a_{56}a_{57}; \\ d_9 &= 2a_3a_{55}a_{57} - a_{61}^2 - 2a_{60}a_{62} + a_3a_{56}^2; \\ d_{10} &= 2a_3a_{56}a_{57} - 2a_{61}a_{62}; \quad d_{11} = a_{57}^2 - a_{62}^2 + a_3a_{57}^2; \end{aligned}$$

$$\frac{2q_{2sw}}{\varphi_{np}(\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) \cdot \sqrt{c_\alpha^2 + b^2} \cdot \sigma_b^2} = a_1;$$

$$\frac{\sigma_s m A_s}{\varphi_{np}(\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) \cdot \sqrt{c_\alpha^2 + b^2} \cdot \sigma_b^2} = a_2;$$

$$(h_0 - x_b)^2 = a_3; \quad \frac{E_s(\lambda)}{E_b(\lambda)} \cdot \frac{h_0 - x}{x} \cdot \frac{m A_{s,1}}{\sigma_{b,1} \cdot \varphi_{y,2}(x_b, x)} = a_4,$$

$$\frac{\left(\frac{\partial A_b}{\partial x} \cdot (\varphi_y(x_b, x) \cdot x - h_0) - A_b \cdot h_0 \cdot \left(\frac{\partial \varphi_y(x_b, x)}{\partial x} \cdot x + \varphi_y(x_b, x) \right) \right) (M + R_{sup} a_{m,s})}{[A_b(h_0 - \varphi_y(x_b, x) \cdot x)]^2} = a_5;$$

$$\frac{\frac{\partial A_b}{\partial x} + \frac{\sigma_{b,1}}{(\sigma_{b,1} \cdot \varphi_{y,2}(x_b, x))^2} \cdot \frac{\partial \varphi_{y,2}(x_b, x)}{\partial x} \cdot \sigma_{s,1} m A_{s,1}}{\sigma_{b,1} \cdot \varphi_{y,2}(x_b, x)} = a_6;$$

$$\frac{M_I \left[\frac{\partial A_b}{\partial x} \cdot A_b \cdot h_0 - \frac{\partial A_b}{\partial x} \cdot \varphi_y(x_b, x) - \frac{\partial \varphi_y(x_b, x)}{\partial x} \cdot A_b \right]}{a \cdot \varphi_{np} \cdot (\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) \cdot [A_b(h_0 - \varphi_y(x_b, x) \cdot x)]^2} = a_7;$$

$$\frac{-0,5b \cdot \sin \alpha \cdot M_I \cdot \left[\frac{\partial A_b}{\partial x} \cdot A_b \cdot h_0 - \frac{\partial A_b}{\partial x} \cdot \varphi_y(x_b, x) - \frac{\partial \varphi_y(x_b, x)}{\partial x} \cdot A_b \right]}{a \cdot \varphi_{np} \cdot (\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) \cdot [A_b(h_0 - \varphi_y(x_b, x) \cdot x_b)]^2} = a_8;$$

$$\frac{\sigma_b \cdot E_s(\lambda)}{E_b(\lambda)} \cdot \frac{h_0}{x^2} \cdot \frac{m A_{s,1}}{\sigma_{b,1} \cdot \varphi_{y,2}(x_b, x)} = a_9; \quad \frac{\varphi_{y,2}(x_b, x) \sigma_{s,1} m A_{s,1}}{[\sigma_{b,1} \cdot \varphi_{y,2}(x_b, x)]^2} = a_{10};$$

$$(a_6 + a_9 + a_4 \cdot a_8 + a_5 \cdot a_{10}) = a_{11}; \quad a_4 \cdot a_7 = a_{12};$$

$$a_1 \cdot a_7 = a_{13}; \quad a_2 \cdot a_7 = a_{14}; \quad a_1 \cdot a_8 = a_{15}; \quad a_2 \cdot a_8 = a_{16};$$

$$\frac{x \cdot (M + R_{sup} a_{m,s}) \frac{\partial \varphi_y(x_b, x)}{\partial x_b}}{A_b \cdot [(h_0 - \varphi_y(x_b, x) \cdot x)]^2} = a_{17}; \quad \frac{\sigma_{b,1} \cdot \sigma_{s,1} m A_{s,1} \cdot \frac{\partial \varphi_{y,2}(x_b, x)}{\partial x_b}}{[\sigma_{b,1} \cdot \varphi_{y,2}(x_b, x)]^2} = a_{18};$$

$$\frac{-M_I \cdot \left\{ \frac{\partial \varphi_y(x_b, x)}{\partial x_b} \cdot x_b + \varphi_y(x_b, x) \right\}}{a \cdot A_b \cdot \varphi_{np} \cdot (\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) [h_0 - \varphi_y(x_b, x) \cdot x_b]^2} = a_{19};$$

$$\frac{0,5b \cdot \sin \alpha \cdot M_I \cdot \left\{ \frac{\partial \varphi_y(x_b, x)}{\partial x_b} \cdot x_b + \varphi_y(x_b, x) \right\}}{a \cdot A_b \cdot \varphi_{np} \cdot (\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) [h_0 - \varphi_y(x_b, x) \cdot x_b]^2} = a_{20};$$

$$a_{10} \cdot a_{17} + a_{18} + a_4 \cdot a_{20} = a_{21}; \quad a_4 \cdot a_{19} = a_{22};$$

$$a_1 \cdot a_{19} = a_{23}; \quad a_2 \cdot a_{19} = a_{24}; \quad a_1 \cdot a_{20} = a_{25}; \quad a_2 \cdot a_{20} + 1 = a_{26};$$

$$\frac{\frac{\partial a_{m,s}}{\partial c} \cdot R_{sup}}{A_b [h_0 - \varphi_y(x_b, x) \cdot x]} = a_{27}; \quad \frac{2q_{2sw}}{\sigma_b \varphi_{np}(\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) \cdot \sqrt{c_\alpha^2 + b^2}} = a_{28};$$

$$\frac{M_I}{a \cdot A_b \cdot \varphi_{np} \cdot (\sigma_i, \varepsilon_i) \cdot \varphi_\alpha(c_\alpha) \cdot (h_0 - \varphi_y(x_b, x) \cdot x_b)} = a_{29};$$

$$a_4 \cdot a_{29} - a_{27} \cdot a_{10} = a_{30}; \quad a_1 \cdot a_{29} = a_{31};$$

$$a_2 \cdot a_{29} = a_{32}; \quad \frac{a_{28}}{a_{30}} = a_{33}; \quad \frac{a_{31}}{a_{30}} = a_{34}; \quad \frac{a_{32}}{a_{30}} = a_{35}; \quad \frac{a_{27}}{a_{30}} = a_{36};$$

$$a_{12} \cdot a_{34} + a_{13} = a_{37}; \quad a_{11} \cdot a_{34} + a_{12} \cdot a_{33} + a_{15} = a_{38};$$

$$a_{11} \cdot a_{33} + a_{12} \cdot a_{34} \cdot a_3 + a_3 \cdot a_{13} = a_{39};$$

$$a_{12} \cdot a_{35} + a_{14} = a_{40}; \quad a_{11} \cdot a_{35} + a_{16} = a_{41};$$

$$a_{11} \cdot a_{34} \cdot a_3 + a_3 \cdot a_{15} = a_{42}; \quad a_{12} \cdot a_{36} = a_{43};$$

$$a_{11} \cdot a_{36} + a_5 = a_{44}; \quad a_{23} + a_{22} \cdot a_{34} = a_{45}; \quad a_{21} a_{34} + a_{22} \cdot a_{33} + a_{25} = a_{46};$$

$$a_{21} a_{33} + a_3 \cdot a_{22} \cdot a_{34} + a_3 \cdot a_{23} = a_{47}; \quad a_{22} \cdot a_{35} + a_{24} = a_{48};$$

$$a_{21} a_{35} + a_{26} + 1 = a_{49}; \quad a_3 a_{21} a_{34} + a_3 \cdot a_{25} = a_{50}; \quad a_{22} \cdot a_{36} = a_{51};$$

$$a_{21} a_{36} + a_{17} = a_{52}; \quad a_{51} a_{37} - a_{43} a_{45} = a_{53};$$

$$a_{51} a_{38} + a_{37} a_{52} - a_{43} a_{46} - a_{44} a_{45} = a_{54}; \quad a_{51} a_{39} + a_{38} a_{52} - a_{43} a_{47} - a_{44} a_{46} = a_{55};$$

$$a_{42} a_{51} + a_{39} a_{52} - a_{44} a_{47} = a_{56}; \quad a_{50} + a_{42} = a_{57}; \quad a_{40} a_{51} - a_{43} a_{48} = a_{58};$$

$$a_{41} a_{51} + a_{40} a_{52} - a_{43} a_{49} - a_{44} a_{48} = a_{59};$$

$$a_3 a_{40} a_{51} + a_{41} a_{52} - a_{43} a_{48} a_3 - a_{44} a_{49} = a_{60};$$

$$a_3 a_{41} a_{51} + a_3 a_{40} a_{52} - a_3 a_{43} a_{49} - a_3 a_{44} a_{48} = a_{61};$$

$$a_3 a_{41} a_{52} - a_{44} a_{49} \cdot a_3 = a_{62}.$$

После образования трещин сплошность бетона нарушается и применение формул механики твердого деформированного тела уже неправомерно. Тем не менее для определения действительного напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций возникает необхо-

димность в определении полной картины трещинообразования в процессе нагружения. При этом важно располагать не только различными уровнями трещинообразования пространственных трещин, но и иметь их полную картину.

После определения опасной пространственной трещины по критерию образования или наибольшей ширины их раскрытия [8] необходимо нанести всю картину пространственных трещин.

При этом, как показала практика расчетов и проектирования железобетонных конструкций, расстояния между пространственными трещинами первого вида для первого уровня трещинообразования $l_{crc,1}$ расположенными вдоль поперечной или продольной арматуры, могут быть определены из следующего соотношения (рис. 3, 4):

$$\frac{a}{a-l_{crc,1}} = \frac{\sigma_{s,l}}{\sigma_{s,crc}} \quad (22)$$

Отсюда следует:

$$l_{crc,1} = \frac{a \cdot (\sigma_{s,l} - \sigma_{s,crc})}{\sigma_{s,l}} \quad (23)$$

Для определения расстояния между пространственными трещинами второго уровня их образования используется соотношение между напряжениями в арматуре в сечении $I-I$ и в сечении с опасной пространственной трещиной, отыскиваемой по критерию максимальной ширины их раскрытия:

$$\frac{a}{a-l_{crc,2}} = \frac{\sigma_{s,l}}{\sigma_{s,c}} \quad (24)$$

Отсюда:

$$l_{crc,2} = \frac{a \cdot (\sigma_{s,l} - \sigma_{s,c})}{\sigma_{s,l}} \quad (25)$$

При этом появление нового уровня трещинообразования соответствует уровню нагрузки, при котором соблюдается следующее неравенство:

$$l_{crc,i} \leq \eta \cdot l_{crc,i-1} \quad (26)$$

где η вдоль поперечной арматуры от опасной наклонной трещины определяется из следующих соотношений (рис. 4, б):

$$\frac{\sigma_{sw,crc,d}}{\sigma_{sw,crc,up}} = \frac{l_{crc,2,up}}{l_{crc,2,d}} = \eta_w; \quad (27)$$

$$l_{crc,2,up} + l_{crc,2,d} = l_{crc,1} \quad (28)$$

Двигаясь вправо вдоль продольной арматуры, такие соотношения примут вид (рис. 4, б):

$$\frac{\sigma_{sw,crc,rig}}{\sigma_{sw,crc,lef}} = \frac{l_{crc,2,lef}}{l_{crc,2,rig}} = \eta; \quad (29)$$

$$l_{crc,2,lef} + l_{crc,2,rig} = l_{crc,1} \quad (30)$$

Двигаясь влево от опасной пространственной трещины, сравниваем l_{crc} функциональное и l_* (рис. 4) и в случае необходимости используем аналогичные соотношения.

При этом за пределы участка, где $\varepsilon_{bt}(y) \leq \varepsilon_{bt,u}$ не выходим.

$$\frac{l_{crc,lef}^*}{l_{crc,rig}^*} = \frac{\sigma_{s,c}}{\sigma_{s,crc}} = \eta^*; \quad (31)$$

$$l_{crc,lef}^* + l_{crc,rig}^* = l_*. \quad (32)$$

При этом за пределы участка, ограниченного $l_{crc,1}$ (рис. 2), не выходим.

В случае наличия обрывов продольной арматуры на участке пространственных наклонных трещин соотношения (29) и (31) несколько видоизменяются, а именно кроме отношения напряжений в арматуре учитываются также отношения площадей продольной арматуры (до и после обрыва). В итоге эти формулы примут вид:

двигаясь вправо –

$$\frac{l_{crc,lef}}{l_{crc,rig}} = \frac{\sigma_{s,l}}{\sigma_{s,c}} \cdot \frac{A_{s,rig}}{A_{s,lef}} = \eta, \quad (33)$$

двигаясь влево –

$$\frac{l_{crc,lef}^*}{l_{crc,rig}^*} = \frac{\sigma_{s,c}}{\sigma_{s,crc}} \cdot \frac{A_{s,rig}^*}{A_{s,lef}^*} = \eta^*. \quad (34)$$

Таким образом, трещинообразование продолжается до момента разрушения. При этом выделяется не один (как это принято в ряде известных методик), а несколько уровней трещинообразования:

$$\left. \begin{aligned} l_{crc} > l_{crc,1} &- \text{трещин нет;} \\ l_{crc,1} \geq l_{crc} \geq l_{crc,2} &- \text{первый уровень;} \\ l_{crc,2} \geq l_{crc} \geq l_{crc,3} &- \text{второй уровень;} \\ \dots & \dots \\ l_{crc} \geq 6t_s &- \text{последний уровень} \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

При сравнении функционального и уровневого значений l_{crc} , выполняется анализ возможной реализации появления последующих уровней трещинообразования.

Располагая уровнями трещинообразования вдоль продольной и поперечной арматуры железобетонной конструкции, можно построить полную картину различных трещин, прилегающих к сосредоточенной силе и к опоре (рис. 3), и определить ширину их раскрытия. При этом под раскрытием трещин понимается накопление относительных условных сосредоточенных взаимных смещений арматуры и бетона на участках, расположенных по обе стороны от трещины:

$$a_{crc} = 2 \int_0^{t_s} \varepsilon_g(x_1) dx_1 + 2 \int_0^{0.5l_{crc}-t_s} \varepsilon_g(x) dx. \quad (36)$$

Относительные взаимные смещения арматуры и бетона определяются на основании работ [8–13]:

$$\varepsilon_g(y) = \varepsilon_{sw}(y) - \varepsilon_{bt}(y). \quad (37)$$

После подстановки (37) в (36) и интегрирования получим:

$$a_{crc} = \delta \cdot \varphi_l \cdot \eta \cdot \left[\frac{2\Delta T}{G} + \frac{2B_3}{B} \cdot (1 - e^{-B(0.5l_{crc}-t_s)}) \right], \quad (38)$$

где

$$B_3 = \varepsilon_s + \frac{\Delta T}{E_s A_s} + \frac{\sigma_{bt,s}}{v_b E_b}, \quad (39)$$

где ΔT – результирующая условных касательных напряжений в местной зоне, прилегающей к трещине (для железобетонных растянутых элементов определяется из специальной расчетной схемы); G – условный модуль деформаций сцепления арматуры с бетоном; B – параметр сцепления арматуры с бетоном; $\frac{\sigma_{bt,c}}{v_b E_b}$ – параметр, соответствующий деформациям бетона $\varepsilon_{bt}(y)$ в сечении, расположенном на расстоянии t_s от сечения с трещиной (при этом значения $\sigma_{bt,c}$ принимаются со знаком минус).

Коэффициенты φ , η учитывают длительность действия нагрузки и профиль поверхности арматуры соответственно и определяются согласно нормативным документам.

Таким образом, предложен способ расчета сопротивления железобетонных конструкций при совместном действии

поперечной силы, изгибающего и крутящего моментов (случай 2) для второй стадии сопротивления железобетона, который позволяет выявить действительное напряженно-деформированное состояние при наличии пространственных трещин, определением расстояния между трещинами и ширины их раскрытия.

Список литературы

1. Ключева Н.В., Колчунов В.И., Рыпаков Д.А., Бухтиярова А.С. Жилые и общественные здания из железобетонных панельно-рамных элементов индустриального производства // *Жилищное строительство*. 2015. № 5. С. 69–76.
2. Колчунов В.И., Сафонов А.Г. Построение расчета железобетонных конструкций на кручение с изгибом // *Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт*. 2008. № 4. С. 7–13.
3. Сальников А.С., Колчунов В.И., Яковенко И.А. Расчетная модель образования пространственных трещин первого вида при кручении с изгибом // *Промышленное и гражданское строительство*. 2015. № 3. С. 35–40.
4. Salnikov A., Kolchunov V.I., Yakovenko I. The computational model of spatial formation of cracks in reinforced concrete constructions in torsion with bending // *Applied Mechanics and Materials*. Vols. 725–726 (2015), pp. 784–789.
5. Покусаев А.А., Шавыкина М.В., Колчунов В.И. Вторая стадия напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций при кручении с изгибом (случай 1) // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2015. № 5 (262). С. 26–31.
6. Колчунов В.И., Заздравных Э.И. Расчетная модель «нагельного эффекта» в железобетонном элементе // *Известия вузов. Строительство*. 1996. № 10. С. 18–24.
7. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. М.: АСВ, 2004. 472 с.
8. Федоров В.С., Фам Фук Тунг, Колчунов В.И. Определение граничных условий в задаче расчета ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций при центральном растяжении // *Вестник отделения строительных наук РААСН*. 2004. Вып. 2. С. 208–224.
9. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Экспозиция живучести железобетона // *Известия вузов. Строительство*. 2007. № 5. С. 4–8.
10. Ключева Н.В., Горностаев И.С., Колчунов В.И., Яковенко И.А. Методика расчета деформативности стержневых железобетонных составных конструкций с использованием программного комплекса «Мираж-2014» // *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. № 10. С. 21–26.
11. Ключева Н.В., Чернов К.М., Колчунов В.И., Яковенко И.А. Прочность железобетонных составных конструкций и новые критерии разрушения в зоне наклонных трещин // *Промышленное и гражданское строительство*. 2014. № 11. С. 36–40.
12. Федоров В.С., Баширов Х.З., Колчунов В.И. Элементы теории расчета железобетонных составных конструкций // *Academia. Архитектура и строительство*. 2014. № 2. С. 116–118.
13. Колчунов В.И., Ключева Н.В., Колчунов В.И., Яковенко И.А. Проблемные задачи развития гипотез механики разрушения применительно к расчету железобетонных конструкций // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2014. № 3. С. 41–45.

References

1. Klueva N.V., Kolchunov V.I., Rypakov D.A., Bukhtiyarova A.S. Residential and public buildings of industrially manufactured reinforced concrete frame-panel elements. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 5, pp. 69–76. (In Russian).
2. Kolchunov V.I., Safonov A.G. Construction of the calculation of reinforced concrete structures with torsional bending. *Izvestia Orel State Technical University. Series: Construction and Transportation*. 2008. No. 4, pp. 7–13. (In Russian).
3. Salnikov A.S., Kolchunov V.I. Computational model of formation of spatial cracks of the first type in reinforced concrete structures under torsion with bending. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2015. No. 3, pp. 35–40. (In Russian).
4. Salnikov A., Kolchunov V.I., Yakovenko I. The computational model of spatial formation of cracks in reinforced concrete constructions in torsion with bending. *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Vol. 725–726, pp. 784–789.
5. Pokusaev A.A., Shavykina M.V., Kolchunov V.I. The second stage stress-strain state of reinforced concrete constructions under torsion with bending (first case). *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*. 2015. No. 5, pp. 26–31. (In Russian).
6. Kolchunov V.I., Zazdravnyh Je.I. Calculation model «dowel joints effect» in concrete elements. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo*. 1996. No. 10, pp. 18–24. (in Russian).
7. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. Raschetnye modeli silovogo soprotivleniya zhelezobetona. [Computational models of the power of resistance of reinforced concrete] Moscow: ASV. 2004. 472 p.
9. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. Exposition of Ferroconcrete survivability. *Vestnik otdeleniya stroitel'nykh nauk RAASN*. 2007. No. 5, pp. 4–8. (In Russian).
10. Klueva N.V., Gornostaev I.S., Kolchunov V.I., Jakovenko I.A. Method of calculating the deformation property of rod reinforced composite constructions involving software complex mirage – 2014. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2014. No. 10, pp. 21–26. (In Russian).
11. Klueva N.V., Chernov K.M., Kolchunov V.I., Jakovenko I.A. Durability of reinforced concrete composite constructions and new failure criteria in the zone of oblique cracks. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2014. No. 11, pp. 36–40. (In Russian).
12. Fedorov V.S., Bashirov H.Z., Kolchunov V.I. elements of composite reinforced concrete construction calculation theory. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2014. No. 2, pp. 116–118. (In Russian).
13. Klueva N.V., Kolchunov V.I., Yakovenko I.A. Problem tasks of development of hypotheses of mechanics of destruction in relation to calculation of ferroconcrete designs. *Izvestiya KSUAE*. 2014. No. 3, pp. 41–45. (In Russian).

УДК 624.012.4

Н.В. КЛЮЕВА, д-р техн. наук, советник РААСН (klynavit@yandex.ru),
Вл.И. КОЛЧУНОВ, д-р техн. наук, М.С. ГУБАНОВА, инженер
Юго-Западный государственный университет (305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94)

Критерий прочности нагруженного и коррозионно поврежденного бетона при плоском напряженном состоянии

Для нагруженного и коррозионно поврежденного бетона при плоском напряженном состоянии представлен критерий прочности и алгоритм расчета длительной прочности, основанный на реологической модели деформирования бетона Г.А. Гениева. Дан численный анализ изменения предела длительной прочности бетона во времени с учетом процесса нарастания его прочности (старения бетона) и процесса нейтрализации бетона агрессивной средой и биокоррозии бетона (коррозия бетона). Исследованы зависимости предельной и длительной прочности нагруженного и коррозионно поврежденного бетона во времени при плоском напряженном состоянии для трех характерных случаев нагружения бетона. Показано, что изменение предельной и длительной прочности бетона при совместном воздействии агрессивной среды и нагрузки зависит от уровня нагружения, при высоком уровне которого снижается интенсивнее по сравнению с воздействием на бетон только агрессивной среды.

Ключевые слова: коррозия бетона, критерий прочности, длительная прочность, средовые и силовые воздействия, плоское напряженное состояние.

N.V. KLYUEVA, Doctor of Sciences (Engineering), Adviser of RAACS (klynavit@yandex.ru),
V.I. KOLCHUNOV, Doctor of Sciences (Engineering), M.S. GUBANOVA, Engineer
Southwest State University (94, 50 let Oktyabrya Street, Kursk, 305040, Russian Federation)

Strength Criterion of Loaded and Corrosion Damaged Concrete at Plane Stress State

A strength criterion and an algorithm of calculation of long-term strength based on the rheological model of concrete deformation of G.A. Geniev are presented for loaded and corrosion damaged concrete at the plane stress state. A numerical analysis of the change in the limit of long-term strength of concrete with time with due regard for the process of increasing its strength (concrete aging) and the process of concrete neutralization by aggressive environment and bio-corrosion of concrete (corrosion of concrete) is presented. Dependences of ultimate and long-term strength of loaded and corrosion damaged concrete in time at the plane stress state were studied for three characteristic cases of the loading of concrete. It is shown that the change in the ultimate and long-term strength of concrete under the joint impact of aggressive environment and load depends on the level of loading at the high level of which it is reduced more intensively comparing with the impact of the aggressive environment only.

Keywords: corrosion of concrete, strength criterion, long-term strength, environment and force impacts, plane stress state.

Изучению вопросов деформирования и разрушения коррозионно поврежденного бетона и железобетона посвящено значительное количество отечественных и зарубежных научных работ. Новое направление этих исследований возникло сравнительно недавно в связи с исследованиями особенностей износа и повреждений эксплуатируемых зданий и сооружений и необходимостью оценки остаточного ресурса реконструируемого железобетона [1–9]. При этом в отличие от традиционно проводившихся ранее исследований по кинетике коррозионных повреждений железобетонных эксплуатируемых конструкций в работах В.М. Бондаренко, Е.А. Ларионова, Н.В. Ключевой, В.И. Колчунова [10–16] и других ученых обращено внимание на необходимость учета особенностей деформирования эксплуатируемого железобетона в условиях одновременного проявления силового нагружения и средовых повреждений. В развитие исследований этого направления представляет интерес решение задачи о построении критерия длительной прочности сложнапряженного бетона и оценка на этой основе экспозиции живучести железобетонных конструкций. Здесь, как и в [17], под термином «экспозиция живучести» будем понимать при неравновесной постановке задачи (наложе-

ние во времени деформаций ползучести и коррозионных повреждений) продолжительность сохранения потенциала живучести строительной системы во времени при разрушительном воздействием агрессивной среды с выключением из системы конструктивных элементов, ответственных за геометрическую неизменяемость сооружения.

Предельная прочность нагруженного и коррозионно поврежденного бетона

Рассмотрим двухпролетную статически неопределимую железобетонную балку-стенку, находящуюся под воздействием нагрузки и агрессивной среды. Для оценки ее напряженного состояния используем конечно-элементную расчетную модель с прямоугольными конечными элементами (рис. 1). Исследование изменения длительной прочности нагруженного и коррозионно поврежденного бетона проводится для плосконапряженных элементов, расположенных в зонах под сосредоточенными силами.

Описание неравновесных процессов силового сопротивления бетона при средовых и силовых воздействиях выполним с использованием дифференциальной зависи-



Рис. 1. Конечно-элементная модель двухпролетной железобетонной балки

мости, сформулированной В.М. Бондаренко, и закона физико-химических масс Гольдберга–Вааге (рис. 2) [3]:

$$\frac{df(t)}{f(t)^m} = -\alpha dt, \quad (1)$$

где $f(t)$ – относительное значение глубины деградационного повреждения. Оно определяется как:

$$f(t) = (L_{ult}(t_0) - L(t, t_0)) / (L_{ult}(t_0)), \quad (2)$$

где L_{ult} – некоторый эмпирический параметр кинетики повреждений, связанный с уровнем нагружения (например, предельная глубина кольматационного повреждения бетона); $L(t, t_0)$ – текущее значение этого параметра во времени; m, α – параметры скорости повреждений как функции уровня и знака напряженного состояния.

Положив $L_{ult} = \delta_{кр}$, зависимость (1) графически представлена на рис. 2 в осях «относительное усилие – предельная глубина нейтрализации» ($\eta - \delta_{кр}$), «относительное усилие – параметр скорости» ($\eta - \alpha$) и «относительное усилие – параметр процесса коррозии» ($\eta - m$), где η – относительное усилие в плосконапряженном бетонном элементе единичных размеров, равное $N/R_b \cdot b$.

Для описания траекторий $\delta_{кр}$, m , α можно использовать полиномы, например третьей степени:

$$\begin{aligned} \delta_{кр} &= \sum_{i=0}^{i=3} q_{\delta_i}(\eta)^i; \quad \frac{\partial \delta_{кр}(\eta)}{\partial(\eta)} = \sum_{i=0}^{i=4} i q_{\delta_i}(\eta)^{i-1}; \\ -\alpha(\eta) &= \sum_{i=0}^{i=3} q_{\alpha_i}(\eta)^i; \quad \frac{\partial(-\alpha)(\eta)}{\partial(\eta)} = \sum_{i=0}^{i=4} i q_{\alpha_i}(\eta)^{i-1}; \quad (3) \\ m(\eta) &= \sum_{i=0}^{i=3} q_{m_i}(\eta)^i; \quad \frac{\partial m(\eta)}{\partial(\eta)} = \sum_{i=0}^{i=4} i q_{m_i}(\eta)^{i-1}. \end{aligned}$$

В (3) параметры q_{δ_i} , q_{α_i} , q_{m_i} вычисляются по фиксированным экспериментальным значениям:

$$\begin{aligned} \text{при } \eta=0 \quad & \delta_{кр} = \delta_0, \quad \alpha = \alpha_0, \quad m = m_0; \\ \text{при } \eta=\eta_1 \quad & \delta_{кр} = \delta_{мин}, \quad \alpha = \alpha_{мин}, \quad m = m_{макс}; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\frac{\partial \delta_{кр}}{\partial(\eta)} = 0; \quad \frac{\partial(-\alpha)}{\partial(\eta)} = 0; \quad \frac{\partial m}{\partial(\eta)} = 0;$$

$$\text{при } \eta=\eta_T \quad \delta_{кр} = \delta_{крT}, \quad \alpha = \alpha_T, \quad m = m_T.$$

В связи с отсутствием в настоящее время экспериментальных данных для определения фиксированных значений $\delta_{кр0}$, $\delta_{крмин}$, $\delta_{крT}$, α_0 , $\alpha_{мин}$, α_T , m_0 , $m_{мин}$, m_T можно использовать уравнения [18], построенные по экспериментально установленным Е.А. Гузевым [19], В.П. Селяевым [20] и др. учеными фактам уплотнения бетона при сжатии и соответственно снижения его проницаемости с ростом относительных усилий от нулевых значений до значений $\eta = 0,3-0,4$. Это уменьшает значения глубины предельного проникновения

агрессивной среды в бетон $\delta_{кр}$ до 40%. Дальнейший рост усилий в бетоне приводит к потере «сплошности» бетона, т. е. к образованию трещин и, следовательно, к повышению проницаемости бетона, что приводит к увеличению значения $\delta_{кр}$ в 1,2 раза при уровне относительных усилий в характерном элементе $\eta = 0,75$.

При этих значениях глубина предельного проникновения агрессивной среды в бетон определяется из выражений (рис. 2):

$$\delta_{крmin} = 0,7 \cdot \delta_0; \quad \delta_{крT} = 1,2 \cdot \delta_0, \quad (5)$$

где $\delta_{кр0}$ – предельная глубина нейтрализации при нулевом напряженном состоянии, опытная величина; $\delta_{крmin}$ – величина соответствует максимальному уплотнению бетона и, следовательно, минимальной проницаемости, а также соответствует началу процесса микротрещинообразования по О.Я. Бергу [21]; $\delta_{крT}$ – величина соответствует образованию связей между отдельными трещинами и, следовательно, повышению проницаемости, а также соответствует началу разрушения бетона.

Значения фиксированных параметров α вычисляются по формулам, аналогичным (5), с заменой $\delta_{кр}$ на α .

Воздействие агрессивной среды на бетон железобетонной конструкции зависит от характера напряженного состояния и соответственно от количественных значений относительных усилий η в рассматриваемой зоне. Из этого следует, что при возникновении двухосного напряженного состояния проницаемость бетона отличается (увеличивается или уменьшается в зависимости от значения и направления напряжений) от проницаемости бетона при одноосном напряженном состоянии. Соответственно параметры $\delta_{кр}$, m , α , характеризующие процесс коррозии и интенсивность распространения агрессивной среды в плосконапряженных элементах, определяемые по графику (рис. 2) и уравнениям (3), будут уточняться проведением соответствующих экспериментальных исследований.

В рассматриваемых приопорных зонах железобетонной балки для элементов сжатой зоны со значениями уровня напряженного состояния для относительного усилия $N_1/R_b \cdot b = \eta_1 \leq 0,4$, т. е. до образования микротрещин в теле бетона, наличие сжимающего усилия N_2 снижает проницаемость бетона и соответственно глубина проникновения коррозии в бетон уменьшится ($\delta_{крx} > \delta_{крxy}$, $\alpha_x > \alpha_{xy}$, $m_x > m_{xy}$). Следовательно, при относительных значениях $N_1/R_b \cdot b = \eta_1 > 0,4$, т. е. после начала образования трещин в теле бетона в направлении действия усилия N_1 и при значениях уровня напряженного состояния для относительного усилия $N_2/R_b \cdot b = \eta_2 \leq 0,4$ проницаемость бетона снижается вследствие закрытия трещин, а при значениях $N_1/R_b \cdot b = \eta_1 > 0,4$ и $N_2/R_b \cdot b = \eta_2 > 0,4$ проницаемость увеличится вследствие образования трещин в двух направлениях.

Данный вопрос до настоящего времени изучен недостаточно. В этой связи для учета влияния сжимающих статических напряжений на проницаемость бетона можно использовать предложение [22], согласно которому для случая снижения проницаемости бетона можно принять:

$$\delta_{крxy} = \frac{\delta_{крx}}{\mu}; \quad \alpha_{xy} = \frac{\alpha_x}{\mu}; \quad m_{xy} = \frac{m_x}{\mu}, \quad (6)$$

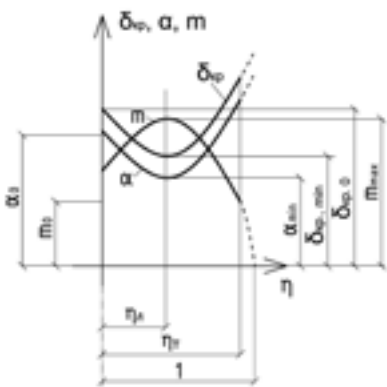


Рис. 2. Схема изменения параметров $\delta_{кр}$, m , α от уровня и знака напряженного состояния железобетонного элемента

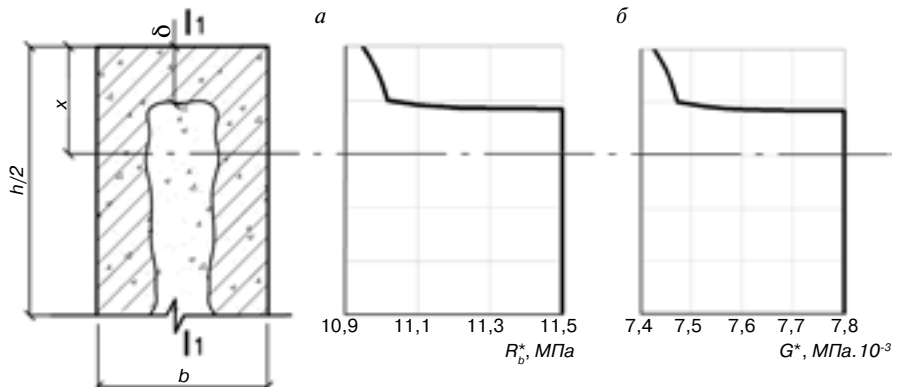


Рис. 3. Графики изменения предельной прочности (а) и модуля сдвига (б) поперечного сечения 1–1 железобетонной балки, поврежденной коррозией

для случая увеличения проницаемости бетона:

$$\delta_{кр,xy} = \delta_{кр,x} \cdot \mu; \quad \alpha_{xy} = \alpha_x \cdot \mu; \quad m_{xy} = m_x \cdot \mu, \quad (7)$$

где μ – эмпирический коэффициент, учитывающий глубину коррозионного повреждения при двухосном состоянии. До экспериментального уточнения коэффициента μ его значение определяется по формуле:

$$\mu = 1 + \vartheta, \quad (8)$$

где ϑ – коэффициент Пуассона бетона.

Как уже отмечалось, зависимость (1) применима к описанию различных физико-химических процессов, в том числе к исследованию глубины нейтрализации бетона агрессивной средой. Для этого вместо параметров L_{ult} и $L(t, t_0)$ вводится параметр глубины нейтрализации $\delta_{кр}$ и $\delta_{кр}(t, t_0)$, и следовательно, решение уравнения (1) для рассматриваемого случая двухосного напряженного состояния может быть представлено в общем виде как:

$$\delta_{кр,xy}(t, t_0) = f(\alpha_{xy}, m_{xy}, t, t_0) \delta_{xy}(t_0) \quad (9)$$

и приведено к следующим отдельным решениям: при $m = 0$:

$$f(\alpha_{xy}, m_{xy}, t, t_0) = \frac{\delta_{xy}(t_0, t_0)}{\delta_{кр,xy}(t_0)} - \alpha_{xy}(t - t_0); \quad (10)$$

при $m = 1$:

$$f(\alpha_{xy}, m_{xy}, t, t_0) = 1 - \Delta \delta_{xy}(t) e^{-\alpha_{xy}(t-t_0)}, \quad \alpha_{xy} < 0; \quad (11)$$

при $m \neq 1$:

$$f(\alpha_{xy}, m_{xy}, t, t_0) = 1 - [\Delta \delta_{xy}(t)^{-m_{xy}+1} - \alpha_{xy}(-m_{xy}+1)(t-t_0)]^{-\frac{1}{m_{xy}+1}}, \quad (12)$$

где параметры $\delta_{кр,xy}$, α_{xy} , m_{xy} являются эмпирическими характеристиками корродирующего бетона при двухосном напряженном состоянии.

Полученное решение (9) представляет собой зависимость глубины нейтрализации плосконапряженного бетона во времени. С помощью этой зависимости и деградиционных функций [5, 23] можно прогнозировать изменение прочности бетона в конструкции по сечению.

Изменение прочностных и деформативных характеристик корродирующего бетона оценивается с помощью коэффициентов химической стойкости материала $K_{кр}$:

$$K_{кр} = \frac{R_b^*}{R_b}; \quad K_{кр} = \frac{G_b^*}{G_b}, \quad (13)$$

где R_b^* и G_b^* – соответственно предел прочности бетона при сжатии и модуль сдвига после воздействия агрессивной среды в течение времени τ ; R_b и G_b – соответственно предел прочности при сжатии бетона и модуль сдвига, не подвергшегося воздействию агрессивной среды.

Прогнозирование величины коэффициента химической стойкости производится в соответствии с ГОСТ 25881–83 по результатам испытаний [5]. Изменение коэффициента химической стойкости $K_{кр}$ от времени описывается логарифмической зависимостью:

$$\lg K_{кр} = a + b \cdot \lg \tau; \quad (14)$$

$$K_{кр} = 10^a \tau^b, \quad (15)$$

где коэффициенты a и b уравнений (14–15) рассчитываются по результатам испытаний по следующим формулам:

$$a = \lg \bar{K}_{кр} - b \cdot \lg \bar{\tau}; \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n (\lg K_{кр} - \lg K_{кр i})(\lg \bar{\tau} - \lg \tau_i)}{\sum_{i=1}^n (\lg \bar{\tau} - \lg \tau_i)}, \quad (16)$$

где $\lg \bar{K}_{кр} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg K_{кр i}}{n}$ – среднее значение логарифма коэффициента химической стойкости; $\lg \bar{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \tau_i}{n}$ – среднее значение логарифма времени испытаний; $\lg K_{кр}$ и $\lg \tau_i$ – соответственно логарифмы коэффициентов химической стойкости и времени испытаний в i -й серии образцов; n – число серий образцов.

Определив по формулам (9–13) значения предельной прочности и модуля сдвига бетона коррозионно поврежденных конечных элементов, получим графики изменения прочности и модуля сдвига бетона при плоском напряженно-деформативном состоянии (3).

Длительная прочность нагруженного и коррозионно поврежденного бетона

Расчет длительной прочности нагруженного и коррозионно поврежденного бетона при плоском напряженном состоянии может быть выполнен на основе реологической модели Г.А. Гениева [24, 25]. В соответствии с этой мо-

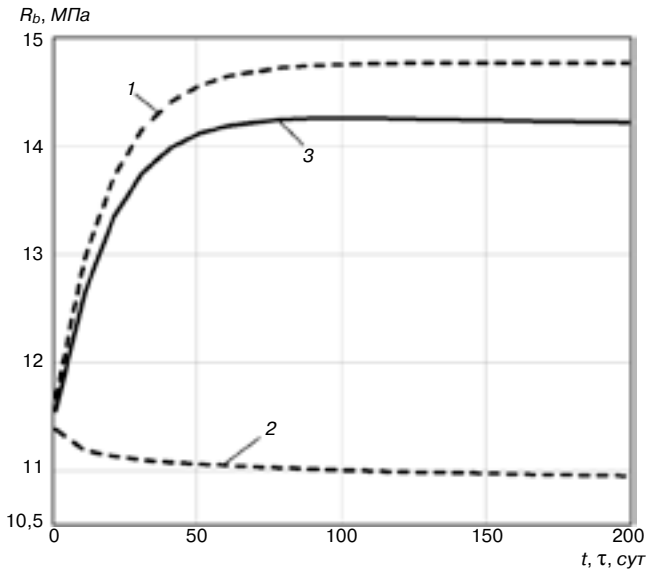


Рис. 4. Графики изменения предела прочности R_b от времени t и τ , характеризующие: 1 – процесс нарастания прочности бетона во времени (старение бетона); 2 – процесс нейтрализации бетона агрессивной средой во времени (коррозия бетона); 3 – процессы старения и коррозии бетона одновременно

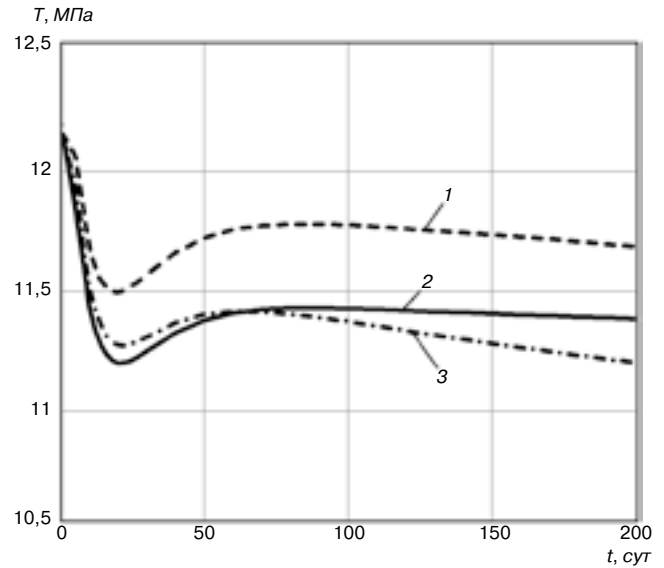


Рис. 5. Графики изменения длительной прочности T^* от времени t : 1 – для здорового бетона; 2 – для нагруженного бетона, находящегося под воздействием агрессивной среды; 3 – для бетона, находящегося в агрессивной среде

делью критерий длительной прочности хрупкого или псевдопластического материала определяется достижением интенсивности деформаций сдвига (Γ) предельного значения (Γ_s), существенно зависящего от сложного в рассматриваемом случае двухосного напряженного состояния бетона:

$$\Gamma = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + \epsilon_2^2 + \epsilon_1^2}, \quad (17)$$

где ϵ_1, ϵ_2 – главные линейные деформации.

Следуя деформационной теории пластичности бетона и железобетона [26], критерий длительной прочности хрупкого или псевдопластического материала основывается на нормировании суммарной величины интенсивности деформаций сдвига последовательно соединенных элемента А, характеризующего используемой физической моделью кратковременного деформирования бетона, и элемента С, соответствующего модели Кельвина–Фойгта и имитирующего деформацию ползучести:

$$\Gamma = \Gamma_A + \Gamma_C = \Gamma_s. \quad (18)$$

В рамках рассматриваемой реологической модели неравновесное силовое сопротивление бетона описывается функцией изменения прочности бетона во времени $T_s(t)$, которая афиноподобна с функцией модуля сдвига $G_0(t)$. Поскольку для этих функций справедливо условие подобия при сложном и одноосном напряженном состоянии, законы изменения модуля сдвига и изменения прочности бетона во времени определяются выражениями:

$$T_s(t) = T_s \cdot \psi(t); \quad G_0(t) = G_0 \cdot \psi(t), \quad (19)$$

где $\psi(t) = \frac{R'_b(t)}{R_b(0)}$, (20)

$R'_b(t)$ – зависимость изменения предела прочности бетона при сжатии от времени, учитывающая эффект старения бе-

тона и изменение его предела прочности вследствие воздействия агрессивной среды в рассматриваемый момент времени t , определяемая по формуле (19); $R_b(0)$ – значение прочности для здорового бетона в момент времени $t = 0$, полученное из экспериментальных данных [17].

Зависимость изменения прочности нагруженного и коррозионно поврежденного бетона от времени, учитывающую процесс нарастания прочности здорового бетона во времени (теория старения бетона) и процесс воздействия агрессивной среды на бетон, можно представить в виде сложения функций:

$$R'_b(t, \tau) = R_b^*(\tau) + R_b(t) - R_b(\tau_0), \quad (21)$$

где $R_b^*(\tau)$ – зависимость предела прочности коррозионно поврежденного бетона при сжатии от времени τ ; $R_b(t)$ – зависимость предела прочности здорового бетона при сжатии от времени t ; $R_b(\tau_0)$ – предел прочности бетона при сжатии до момента воздействия агрессивной среды.

Для оценки нарастания прочности здорового бетона во времени используется феноменологическая модель, описывающая протекание неравновесного асимптотического процесса. В соответствии с этим учет эффекта старения бетона сводится к определению его прочности при одноосном напряженном состоянии в момент времени t по формуле [2]:

$$R_b(t) = R_m \left[1 - \left(1 - \frac{R_{28}}{R_m} \right)^{\frac{t+t_0}{28}} \right], \quad (22)$$

где R_m – максимальная прочность ненагруженного бетона при $t_0 \rightarrow \infty$; R_{28} – прочность бетона в возрасте 28 сут.

Положив в формуле (18) $t = 0$, можно определить прочность бетона в момент его нагружения $R(0)$.

Изменение предела прочности бетона в условиях совместного действия силовых факторов и агрессивной среды можно определить, используя коэффициент химической стойкости материала $K_{кр}$ (13):

$$R_b^*(\tau) = 10^a \cdot \tau^b \cdot R_m \left[1 - \left(1 - \frac{R_{28}}{R_m} \right)^{\frac{\tau_0}{28}} \right], \quad (23)$$

где τ – время действия агрессивной среды, сут; τ_0 – время от момента изготовления (укладки) бетона до момента приложения агрессивной среды, сут; a и b – коэффициенты, рассчитываемые по формулам (16).

С учетом выражений (23) и (24) зависимость (22) запишем в виде (рис. 4):

$$R_b'(t, \tau) = 10^a \cdot \tau^b \cdot R_{28} \cdot \beta \left[1 - (1 - \beta^{-1})^{\frac{\tau_0}{28}} \right] + R_{28} \cdot \beta \left[1 - (1 - \beta^{-1})^{\frac{t+\tau_0}{28}} \right] - R_{28} \cdot \beta \left[1 - (1 - \beta^{-1})^{\frac{\tau_0}{28}} \right], \quad (24)$$

где $\beta_m = \frac{R_m}{R_{28}}$.

Для определения длительной прочности бетона (интенсивности касательных напряжений T) в любой момент времени $t = t^*$, следуя [2], введем следующие обозначения:

Список литературы

1. Бондаренко В.М., Боровских А.В. Износ, повреждения и безопасность железобетонных сооружений. М.: ИД Русанова, 2000. 144 с.
2. Колчунов В.И., Ключева Н.В., Андросова Н.Б., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при zaproektnых воздействиях. М.: АСВ, 2014. 208 с.
3. Бондаренко В.М. Коррозионные повреждения как причина лавинного разрушения железобетонных конструкций // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2009. № 5. С. 13–17.
4. Попеско А.И. Работоспособность железобетонных конструкций, подверженных коррозии. СПб.: СПбГАСУ, 1996. 182 с.
5. Селяев В.П., Ошкина Л.М., Селяев П.В. Химическое сопротивление цементных бетонов действию сульфат-ионов. Саранск: Издательство Мордовского университета, 2013. 150 с.
6. Kolchunov V., Androsova N., Kolchina T. Crack resistance criteria for reinforced concrete beams with corrosion damage in strength resource assessment // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. № 725–726. pp. 740–745.
7. Kolchunov V., Androsova N. Durability corrosion concrete at simultaneous manifestation of power and environmental influences // *Building and Reconstruction*. 2013. № 5. pp. 3–8.
8. Klueva N., Emelyanov S., Kolchunov V., Bukhtiyarova A. New industrial energy and resource saving structural solutions for public buildings // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. № 725–726. pp. 1423–1429.
9. Liu Y. Modeling the Time-to-Corrosion Cracking of the Cover Concrete nChloride Contaminated Reinforced Concrete Structures. Virginia, USA. 1996. 128 pp.
10. Klueva N., Emelyanov S., Kolchunov V., Gubanova M. Criterion of crck resistance of corrosion damaged concrete in plane stress state // *Procedia Engineering*. 2015. № 117. pp. 179–185.
11. Ключева Н.В., Андросова Н.Б., Губанова М.С. Критерий прочности коррозионно повреждаемого бетона при сложном напряженном состоянии // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2015. № 1. С. 38–42.

$$\alpha_* = \alpha [1 - \exp(-\omega t)]^{-1}, \quad (25)$$

где $\alpha = G_a / G_0$ – значение α^* при $t^* = \infty$; $\psi^* = \psi(t^*)$.

Тогда:

$$T^* = 2\alpha_* \cdot \psi_*^{-1} (\sqrt{\alpha_*^2 + \psi_*^2} - \alpha_*) T_s. \quad (26)$$

Вариантные результаты решения соотношения (26), показывающие изменение длительной прочности от времени для коррозионно поврежденного и здорового бетона при плоском напряженном состоянии, представлены на графиках (рис. 5).

Вывод.

Полученные аналитические зависимости позволяют вести анализ одновременно протекающих процессов изменения предела длительной прочности бетона во времени с учетом процесса старения бетона и процесса нейтрализации бетона агрессивной средой.

References

1. Bondarenko V.M., Borovskih A.V. Iznos, povrezhdenija i bezopasnost' zhelezobetonnyh sooruzhenij [Wear, damage and safety of concrete structures]. Moscow: ID Rusanova. 2000. 144 p.
2. Kolchunov V.I., Kljueva N.V., Androsova N.B., Buhtijarova A.S. Zhivuchest' zdaniy i sooruzhenij pri zaproektnyh vozdeystvijah [Vitality buildings under supercritical conditions impacts]. Moscow: ASV. 2014. 208 p.
3. Bondarenko V.M. Corrosive damages as the cause of avalanche destruction of reinforced concrete structures. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*, 2009. No. 5, pp. 13–17. (In Russian).
4. Popesko A.I. Rabotosposobnost' zhelezobetonnyh konstrukcij, podverzhennyh korrozii [Serviceability of reinforced concrete structures exposed to corrosion]. SPb: SPbGSU. 1996. 182 p.
5. Seljaev V.P., Oshkina L.M., Seljaev P.V., Sorokin E.V. Himicheskoe soprotivlenie tsementnyih betonov deystviyu sulfat-ionov [Chemical resistance of cement concrete to action of sulfate ions]. Saransk: Izdatel'stvo Mordovskogo universiteta. 2013. 150 p.
6. Kolchunov V., Androsova N., Kolchina T. Crack resistance criteria for reinforced concrete beams with corrosion damage in strength resource assessment. *Applied Mechanics and Materials*. 2015. No. 725–726, pp. 740–745.
7. Kolchunov V., Androsova N. Durability corrosion concrete at simultaneous manifestation of power and environmental influences. *Building and Reconstruction*. 2013. No. 5, pp. 3–8.
8. Klueva N., Emelyanov S., Kolchunov V., Bukhtiyarova A. New industrial energy and resource saving structural solutions for public buildings. *Applied Mechanics and Materials*. 2015. No. 725–726, pp. 1423–1429.
9. Liu Y. Modeling the Time-to-Corrosion Cracking of the Cover Concrete Chloride Contaminated Reinforced Concrete Structures. Virginia, USA. 1996. 128 p.
10. Klueva N., Emelyanov S., Kolchunov V., Gubanova M. Criterion of crck resistance of corrosion damaged concrete in plane stress state. *Procedia Engineering*. 2015. No. 117, pp. 179–185.
11. Kljueva N.V., Androsova N.B., Gubanova M.S. Strength criteria for concrete with corrosion damage in complex stress state. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruksii i sooruzhenii*. 2014. No. 1, pp. 38–42. (In Russian)

12. Бондаренко В.М., Мигаль Р.Е., Ягупов Б.А. Резервы и экспозиция конструктивной безопасности зданий, эксплуатирующихся в агрессивной среде // *Строительство и реконструкция*. 2014. № 1. С. 3–10.
13. Бондаренко В.М., Ключева Н.В. К расчету сооружений, меняющих расчетную схему вследствие коррозионных повреждений // *Известия вузов. Строительство*. 2008. № 1. С. 4–12.
14. Бондаренко В.М., Ларионов Е.А., Башкатова М.Е. Оценка прочности изгибаемого железобетонного элемента // *Известия ОрелГТУ*. 2007. № 2/14 (530). С. 25–38.
15. Селяев В.П., Неверов В.А., Селяев П.В., Сорокин Е.В., Юдина О.А. Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций с учетом сульфатной коррозии бетона // *Инженерно-строительный журнал*. 2014. № 1. С. 41–100.
16. Колчунов В. И., Яковенко И. А., Ключева Н. В. Метод физических моделей сопротивления железобетона // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. № 12. С. 51–55.
17. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Концепция и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. № 2. С. 28–31.
18. Чупичев О.Б. Модели расчета силового сопротивления поврежденного коррозией железобетонного элемента // *Строительство и реконструкция*. 2010. № 1. С. 55–59.
19. Гузеев Е.А., Митин А.А., Басова Л.Н. Деформативность и трещиностойкость сжатых армированных элементов при длительном нагружении и действии жидких сред // *Сб. тр. НИИЖБ*. М.: Стройиздат, 1984. 34 с.
20. Селяев В.П., Низина Т.А., Уткина В.Н. Химическое сопротивление и долговечность строительных материалов, изделий, конструкций. Саранск, 2003. 47 с.
21. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 1962. 96 с.
22. Ставская И.С. Параметры коррозии повреждения бетона в растянутой зоне железобетонных конструкций в продольном сечении образования трещин // *Сборник трудов XVII Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых*. М.: МГСУ, 2014. С. 313–317.
23. Ерофеев, В.Т., Федорцов А.П., Богатов А.Д., Федорцов В.А. Биокоррозия цементных бетонов, особенности ее развития, оценки и прогнозирования // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 12. С. 708–716.
24. Гениев Г.А., Пятикрестовский К.П. Вопросы длительной и динамической прочности анизотропных конструктивных материалов. М.: ЦНИИСК им. В.А Кучеренко, 2000. 38 с.
25. Гениев Г.А., Колчунов В.И., Ключева Н.В., Никулин А.И., Пятикрестовский К.П. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях. М.: АСВ, 2004. 216 с.
26. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1974. 316 с.
12. Bondarenko V., Myhal R., Yagupov B. Reserve factor and environmental exposure in the context of structural safety of buildings operating in aggressive environment. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2014. No. 1, pp. 3–10. (In Russian).
13. Bondarenko V. M., Kljueva N.V. To calculation of structures, changing the design scheme due to corrosion damage. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2008. No. 1, pp. 4–12. (In Russian).
14. Bondarenko V.M., Larionov E.A., Bashkatova M.E. Evaluation of bending strength of reinforced concrete elements. *Izvestija OrelGTU*. 2007. No. 2 (14), pp. 25–38. (In Russian).
15. Seljaev V.P., Neverov V.A., Seljaev P.V., Sorokin E.V., Yudina O.A. Predicting the durability of concrete structures, including sulfate corrosion of concrete. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2014. No. 1, pp. 41–110. (In Russian).
16. Kolchunov V.I., Jakovenko I.A., Kljueva N.V. Method of physical models of reinforced concrete resistance. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2013. No. 12, pp. 51–55. (In Russian)
17. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. The concept and directions of development of the theory of structural safety of buildings and structures under the influence of force and environmental factors. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2013. No. 2, pp. 28–31. (In Russian).
18. Chupichev O.B. Models of calculation of power resistance of the ferro-concrete element damaged by corrosion. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2010. No. 1, pp. 55–59. (In Russian).
19. Guzeev E.A., Mutin A.A., Basova L.N. Deformativnost' i treshhinostojkost' szhatyh armirovannyh jelementov pri dlitel'nom nagruzhении i dejstvii zhidkih sred [Deformation and fracture of compressed reinforced elements in the long-term loading and operation of liquid media]. *Sb. tr. NIIZhB*. Moscow: Stroiizdat, 1984. 34 p.
20. Seljaev V.P., Nizina T.A., Utkina V.N. Himicheskoe soprotivlenie i dolgovechnost' stroitel'nyh materialov, izdelij, konstrukcij [The chemical resistance and durability of building materials, products and structures]. Saransk. 2003. 47 p.
21. Berg O.Ya. Fizicheskie osnovy teorii prochnosti betona i zhelezobetona. [The physical foundations of the theory of concrete and reinforced concrete strength]. Moscow: Gosstroizdat. 1962. 96 p.
22. Stavskaja I.S. Parameters corrosion damage of concrete in the tension zone of reinforced concrete structures in the longitudinal section of cracking. *Proceedings of the Seventeenth International interuniversity scientific-practical conference of students, undergraduates, graduate students and young scientists*. Moscow: MGSU. 2014, pp. 313–317. (In Russian).
23. Erofeev, V.T., Fedortsov A.P., Bogatov A.D., Fedortsov V.A. Biocorrosion of cement concrete, features of its development, assessment and forecasting. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. No. 12, pp. 708–716. (In Russian).
24. Geniev, G.A., Pjaticrestovskij, K.P. Voprosy dlitel'noj i dinamicheskoj prochnosti anizotropnyh konstruktivnyh materialov [Questions continuous and dynamic strength of anisotropic materials of construction]. Moscow: CRIBC. 2000. 38 p.
25. Geniev G.A., Kolchunov V.I., Kljueva N.V., Nikulin A.I., Pjaticrestovskij K.P. Prochnost' i deformativnost' zhelezobetonnnyh konstrukcij pri zaproektnyh vozdeystvijah [The strength and deformability of reinforced concrete structures under supercritical conditions]. Moscow: ASV. 2004. 216 p.
26. Geniev G.A., Kissjuk V.N., Tjupin G.A. Teorija plastichnosti betona i zhelezobetona [Theory of concrete and reinforced concrete plasticity]. Moscow: Stroiizdat. 1974. 316 p.

УДК 332.122:69.007

Ю.А. ВАРФОЛОМЕЕВ, д-р техн. наук (nil-se@mail.ru), заслуженный деятель науки РФ, советник РААСН
ООО «Научно-исследовательская лаборатория строительной экспертизы Баренц-региона»
(163000, г. Архангельск, ул. Карла Маркса, 31/1)

Специфика обеспечения Арктической зоны специалистами архитектурного профиля

Проанализирована специфика развития инфраструктуры Арктической зоны России во взаимосвязи с проблемами глобализации и природно-климатических изменений. Сформулированы требования к подготовке специалистов архитектурно-строительного профиля для малонаселенных и труднодоступных территорий. Рассмотрены наиболее значимые факторы, влияющие на качество строительства в холодном климате. На примере Архангельской области и Ненецкого автономного округа рассмотрены последствия из-за несоответствия ряда законодательных нововведений: снижение профессиональной ответственности архитекторов, ограничение сферы их деятельности, нерациональное использование интеллектуального потенциала. Выявлены возможности создания системы подготовки специалистов архитектурного профиля в Арктической зоне.

Ключевые слова: архитектор, творчество, конструкции, образование, стандарты, Арктическая зона.

Ju.A. VARFOLOMEEV, Doctor of Sciences (Engineering) (nil-se@mail.ru)
Research Laboratory of Building Expertise of Barents Region, ООО (21, Romana Kulikova Street, 163002, Arkhangelsk, Russian Federation)

Specific of Providing the Arctic Zone with Specialists of Architectural Profile

The originality of the infrastructure development of the Arctic zone of Russia is analyzed in interrelation with problems of globalization and natural climate changes. Requirements for training of specialists of architectural-construction profile for remote and hard-to-reach territories are formulated; shortcomings of the legislative base in this sphere are revealed. The most significant factors influencing on the construction quality in the cold climate are considered. On the example of Arkhangelsk Oblast and Nenets Autonomous Okrug, the consequences due to discrepancies of some legislative innovations are considered: professional responsibility of architects is reduced, the sphere of their services is limited, their intellectual potential is used non-rationally. This resulted in the destruction of the system of training of specialists of architectural profile in the Arctic zone.

Keywords: architect, creativity, structures, education, standards, Arctic zone.

Глобальное изменение климата повлекло за собой таяние вечных льдов и повышение интенсивности морского судоходства по Северному морскому пути в Северном Ледовитом океане. В отличие от растаявших льдов темная вода не отражает солнечное излучение, а наоборот, поглощает тепло и усугубляет процессы таяния ледников. Это может повлечь затопление больших территорий и, как следствие, вызвать вынужденную глобальную миграцию. В связи с этим потенциальную опасность представляет военный захват пригодных для жизни территорий. Для их защиты возникает необходимость наращивания обороноспособности Российской Федерации (РФ), включая интенсивное развитие береговой инфраструктуры для обеспечения деятельности Северного военно-морского флота. Кардинальное изменение морских путей сопровождается усилением военного присутствия не только со стороны стран Арктического региона, но и всех наиболее развитых стран мира [1, 2].

По Указу Президента РФ от 02.05.2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны (АЗ) Российской Федерации» в ее состав включена северная часть нашей страны, в том числе Ненецкий автономный округ (НАО) общей площадью 177,7 тыс. км² и северная часть Архангельской области, занимающая почти 590 тыс. км². В столице НАО Нарьян-Маре проживает более 54% от общей численности населения округа. Средняя плотность сельского населения без учета крупных городов в НАО – 0,11 чел./км², в Архангельской области – 0,46 чел./км². Эти показатели заставляют с тревогой вспомнить, что в США разработана доктрина, основанная на развитии процессов глобализации, согласно которой территории с плотностью населения менее 5 чел. на 1 км² предлагается считать принадлежащими всему человечеству.

Анализ зарубежного и отечественного опыта градостроительства свидетельствует о том, что для обеспечения контроля

труднодоступных и малонаселенных арктических территорий необходимо добиваться равномерного распределения населения. В связи с активизацией освоения недр и развитием инфраструктуры возникает необходимость привлечения в АЗ на длительное время квалифицированных рабочих различных специальностей, инженерно-технических работников, ученых вместе с семьями. Для их расселения целесообразно строительство быстровозводимых, малоэтажных, энергоэффективных, эргономичных зданий заводского изготовления, оснащенных современными автономными системами инженерных коммуникаций. Также необходимо создавать бассейны и аквапарки с искусственной ультрафиолетовой инсоляцией для семейного отдыха, что особенно важно для детей. Для занятий актуальными для Севера видами спорта в течение длительной полярной ночи, а также в периоды сильных ветров и затяжных дождей надо строить спортзалы, крытые стадионы. Все это позволяет повысить качество жизни в условиях холодного климата и способствует росту численности оседлого местного населения, адаптированного к экстремально холодному климату, а также к повышению производительности труда.

В период интенсивного перехода нашей страны к рыночной экономике на Севере практически прекратилось строительство крупных объектов за счет бюджетных средств. В основном проводили реконструкцию и ремонт существующих объектов. Появилась потребность в строительстве индивидуальных и быстровозводимых малоэтажных многоквартирных домов. С кардинальным изменением потребительского спроса на строительном рынке резко сократились объемы типового проектирования. В итоге были ликвидированы многие крупные проектные институты, в которых работа разделялась на узкоспециализированные этапы.

На смену институтам-гигантам пришли частные проектные бюро и фирмы, которые работают не только в крупных

городах, но и в относительно небольших населенных пунктах. С точки зрения экономической целесообразности, их интересуют специалисты широкого профиля, способные не только разработать оригинальный силуэт объекта и органично вписать его в окружающую природную среду, но и грамотно рассчитать основные несущие конструкции, компетентно выбрать наиболее рациональные технические решения, в том числе градостроительные. Именно такой комплексный подход к проектированию на основе современных компьютерных технологий давно практикуется в развитых странах мира.

Учитывая изменения потребностей строительного комплекса Архангельской области и НАО, с 2003 г. на кафедре инженерных конструкций и архитектуры строительного факультета Архангельского государственного технического университета (правопреемником АГТУ является Северный Арктический федеральный университет – САФУ) впервые на европейском Севере РФ была организована подготовка инженеров-архитекторов по специальности «Проектирование зданий». Эту новую специальность ввели приказом Министерства образования РФ № 3200 от 08.11.2000 г. Согласно утвержденным образовательным нормативам продолжительность обучения составляла 5,5 лет.

Материально-техническая база для обеспечения учебного процесса формировалась в тяжелое для АГТУ время по инициативе и благодаря подвижничеству сотрудников кафедры, деканата и ректората. Большую помощь в составлении программ обучения инженеров-архитекторов оказали все вузы архитектурного профиля, куда обращались специалисты кафедры инженерных конструкций и архитектуры АГТУ Т.В. Плужникова и Е.А. Яскорская. Большую практическую помощь оказал д-р техн. наук Ю.П. Панибратов – ректор ЛИСИ–СПбГАСУ (1990–2005), председатель президиума Северо-Западного регионального отделения РААСН.

Эта новаторская деятельность АГТУ в системе высшего образования в АЗ в свое время получила активную поддержку Министерства образования и науки РФ, РААСН, глав администраций Архангельской области и НАО.

Анализ опыта работы инженеров-архитекторов, подготовленных в АГТУ–САФУ, показал, что они успешно работают по специальности и отвечают современным требованиям строительного рынка. Некоторые из них открыли собственные архитектурные мастерские. В Архангельской области и НАО впервые сформировалась конкурентная среда в сфере архитектуры.

Благодаря молодым инженерам-архитекторам при развитии инфраструктуры АЗ постепенно начали удовлетворяться кадровые потребности в специалистах архитектурного профиля. Здесь следует отметить, что кадровая ситуация в органах исполнительной власти Архангельской области имеет специфику: заместителями глав администраций, отвечающих в муниципальных образованиях в том числе за замену аварийного и ветхого жилья, нередко работают специалисты с образованием педагогического профиля, которые после окончания высшего учебного заведения не смогли найти работу по базовой специальности вследствие демографического кризиса, сформировавшегося в период перестройки. При отсутствии специального образования и профессиональных навыков у этой категории чиновников снижается качество контроля строительства и ремонта, допускаются нарушения строительных норм и правил. Средства, выделяемые на эти цели из бюджетной системы РФ, расходуются не всегда эффективно.

Однако при имеющемся дефиците инженеров-архитекторов в проектных, экспертных организациях и администрациях всех уровней Архангельской области и НАО в САФУ в январе

2016 г. состоялся последний выпуск инженеров-архитекторов. Обучение таких специалистов прекращено. Продолжается выпуск инженеров по специальности «Промышленное и гражданское строительство». Преимущественно места выделяются для бакалавров-архитекторов. Указанная ситуация обусловлена укрупнением структурных подразделений САФУ с целью экономии расходов и кардинальными изменениями в сфере образования в связи с переходом на образовательные стандарты в соответствии с Болонским процессом. В учебных программах пришлось значительно увеличить объем самоподготовки за счет сокращения лекций и практических занятий.

В последние годы в штатах руководства вузов по всей стране появилось множество «эффективных» менеджеров, не имевших ранее опыта работы в науке и образовании. Взамен процесса обучения студентов они организуют «предоставление образовательных услуг», основанное на составлении планов и отчетов, что стало занимать у профессорско-преподавательского состава больше времени, чем процесс обучения [3].

Архитектурные профессии должны органично объединять искусство и технические составляющие, однако в новых образовательных стандартах для творческих специальностей архитектурного профиля был реализован технократический подход. Учебные программы значительно сократили за счет отказа от специальных курсов конструкционного блока. Это оказывает негативное влияние не только на процесс обучения творческим профессиям архитектурного профиля, но и на качество строительства.

Воссоздание на новом законодательном уровне морально устаревших концепций функционирования строительной отрасли, не учитывающих законы рыночной экономики и стратегические задачи развития Севера, не соответствует национальным интересам РФ. В создавшейся ситуации снижается влияние архитекторов на качество конечного продукта, которым является не только единичный безопасный и комфортный объект недвижимости с требуемым (проектным) эксплуатационным ресурсом, но и среда обитания. Это неизбежно влечет за собой снижение профессиональной ответственности архитекторов, ограничение сферы их услуг, нерациональное использование интеллектуального потенциала.

Постановка стратегической задачи эффективного освоения арктических территорий совпадает с постепенным изменением отношения людей к окружающей среде, возникает потребность жизни в гармонии с природой, а не на основе ее хищнической эксплуатации. Об этом свидетельствуют результаты исследований и инновационной практической деятельности РААСН под руководством академиков В.А. Ильичева, В.И. Колчунова и др. [4]. Интенсивное развитие научно-технического прогресса за последние десятилетия свидетельствует о том, что создание индивидуальной искусственной «мини-среды» для каждого человека – это перспектива не далекого, а вполне обозримого будущего. Для северных территорий создание такой среды становится жизненно необходимым в ближайшее время.

Таким образом, очевидно, что подготовка кадров определяет будущее строительства, которое является индикатором уровня благополучия страны и качества жизни ее населения. Возглавлять строительство должны специалисты, имеющие высшее архитектурно-строительное образование не ниже уровня специалиста или магистра, а также регламентированный стаж успешной работы по специальности не менее 5 лет.

Особенно дорого обходятся ошибки при строительстве в отдаленных труднодоступных местностях АЗ, где транспортные расходы и зимнее удорожание составляют значительную

долю в себестоимости строительной продукции [5]. Кроме того, в экстремально холодном климате износ материалов и конструкций происходит в несколько раз быстрее, чем в средней полосе РФ. От специалистов архитектурно-строительного профиля требуются комплексные знания эксплуатационных свойств современных материалов, специфики физического износа материалов и конструкций в жестких климатических условиях Арктики, умение рационально сочетать методы химической и конструкционной защиты строительных конструкций для обеспечения требуемого уровня долговечности.

В последнее десятилетие в сфере строительства многократно возросли затраты на юридические услуги. Влияние юристов на получение государственных и муниципальных заказов на проведение инженерных изысканий, проектирование, экспертные работы, строительство, ремонт, реставрацию и т. п. в ходе конкурсных процедур часто является решающим. Не менее важная проблема – требования действующего федерального законодательства, согласно которому государственные заказы получают те подрядчики, которые согласны выполнять работы за минимальную цену. Такой подход влечет демпинг и нарушения строительных норм. В отсутствие квалифицированных специалистов архитектурно-строительного профиля заложниками создавшейся ситуации являются главы субъектов РФ, относящихся к АЗ, на которых возлагается полная ответственность. По своим должностным обязанностям они должны исполнять действующее законодательство даже если оно несовершенно, требовать это от подчиненных.

Закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» регламентирует возможность привлечения заказчиками экспертных организаций при проведении конкурсов в целях обеспечения экспертной оценки конкурсной документации. Однако проведение этих мероприятий требует дополнительного финансирования, поэтому предконкурсная экспертиза претендентов на получение бюджетных заказов в сфере строительства, как правило, не производится.

В погоне за минимизацией бюджетных расходов со стороны заказчика и за максимальной прибылью – со стороны подрядчика допускаются за пределы нарушения строительных норм и правил, которые вследствие отсутствия квалифицированных специалистов архитекторов и строителей ни одна из сторон не может заранее оценить и прогнозировать их последствия, в результате чего в последние годы появились «аварийные новостройки».

Следует отметить, что особо крупный экономический ущерб наносит сокращение сроков службы (эксплуационного ресурса) объекта по сравнению с нормативным значением в случае преждевременного образования дефектов и повреждений в строительных конструкциях и инженерных системах, например вследствие использования несоответствующих или некачественных материалов или некомпетентного проектирования, строительства и эксплуатации.

В условиях сурового климата последствия нарушений различных разрешительных процедур, принятия ошибочных градостроительных и проектных решений, неверного расчета конструкций, снижения долговечности зданий и сооружений будут более тяжелыми, а их ликвидация – существенно более затратной.

Во избежание этого для работы в строительном комплексе и системе ЖКХ на Арктических территориях требуются специально подготовленные специалисты широкого архитектурно-строительного профиля, которые могут профессионально на высоком качественном уровне решать комплексные задачи использования природной среды для создания комфортных условий работы и проживания людей.

Для подготовки таких специалистов необходимо разработать обоснованную программу, учитывающую количественные потребности в специалистах архитектурно-строительного профиля для АЗ и степень квалификации и универсальности. Для их подготовки необходимо привлечь профессорско-преподавательский состав ведущих вузов страны архитектурно-строительного профиля – МАРХИ, МГСУ, СПбГАСУ и др., которые обладают соответствующим опытом и материальной базой для исследований и обучения.

Стремительное развитие современных технологий дистанционного обучения с использованием потенциала системы Интернет открывает перспективы привлечения лучших отечественных и зарубежных специалистов для чтения лекций студентам в северных вузах. САФУ и другие федеральные университеты, являющиеся крупными региональными научно-образовательными центрами, наделены полномочиями утверждать программы и учебные планы и готовы оперативно организовывать обучение нужного количества студентов соответствующей специализации для удовлетворения изменяющегося потребительского спроса в условиях рыночной экономики. Важно вовремя правильно определить количественные и качественные показатели специалистов, которые потребуются для нового этапа интенсивного освоения Российского Севера.

Список литературы

1. Лукин Ю.Ф. Российская Арктика в изменяющемся мире. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 281 с.
2. Глобальная безопасность: инновационные методы анализа конфликтов / Под общ. ред. А.И. Смирнова, М.: Общество «Знание» России. 2011. 272 с.
3. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Современное архитектурно-строительное образование в свете решения задач безопасности среды жизнедеятельности // *Жилищное строительство*. 2016. № 3. С. 3–9.
4. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И. и др. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека. М.: АСВ, 2015. 186 с.
5. Горячкин П.В., Айрапетян Н.Э. Анализ сметно-нормативной базы ценообразования в строительстве Минстроя России в новой редакции 2014 года. Экспертно-аналитический доклад. М., 2014 г. 46 с. <http://www.kccs.ru/docs/asr-doklad.pdf>

References

1. Lukin Yu.F. Rossiiskaya Arktika v izmenyayushchemsya mire [Russian Arctic in a changing world]. Arkhangelsk: CPI NArFU. 2013. 281 p.
2. Global'naya bezopasnost': innovatsionnye metody analiza konfliktov. Pod obshch. Red. Smirnova A.I. [Global Security: innovative methods of conflict analysis. Under the total. ed. Smirnov A.I.] Moscow: Society «Znanie» of Russia. 2011. 272 s.
3. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Contemporary architectur-al-construction education in light of solving problems of safety of life activity en-vironment. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 3, pp. 3–9. (In Russian).
4. Il'ichev V.A., Emel'yanov S.G., Kolchunov V.I. i dr. Printsipy preobrazovaniya goroda v biosferosovmestimi i razvivayushchii cheloveka [The principles of transformation of the city in biosferosovmestimi and developing human]. Moscow: ASV. 2015. 186 p.
5. Goryachkin P.V., Hayrapetyan N.E. Analysis of estimate and regulatory pricing framework for the construction of the Ministry of Construction of the new Russian edition, 2014. Expert-analytical report. Moscow. 2014. 46 p. <http://www.kccs.ru/docs/asr-doklad.pdf>

УДК 69.01:332.834

О.Д. САМАРИН, канд. техн. наук (samarin-oleg@mail.ru)

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

Технико-экономическое обоснование термомодернизации жилых зданий в современных условиях

Рассмотрена экономическая целесообразность повышения теплозащиты наружных ограждений существующих жилых зданий в ходе их термомодернизации на основе требований СП 50.13330.2012 в современных условиях. Приведены результаты расчетов удельной теплозащитной характеристики, капитальных затрат на теплоизоляцию и расходов на тепловую энергию при различных значениях сопротивлений теплопередаче основных наружных ограждений для группы жилых зданий. Дан анализ полученных данных и выявлены условия окупаемости повышения теплозащиты до минимального уровня по СП 50.13330.2012 с использованием совокупных дисконтированных затрат при определении эксплуатационных расходов на теплоту, соответствующих климатическим условиям отопительного периода, нормируемым в СП 131.13330.2012. Проведено сравнение результатов вычислений с выводами, сделанными на основе предыдущих исследований автора для повышения теплозащиты до базового уровня по СП 50.13330.2012.

Ключевые слова: реконструкция, сопротивление теплопередаче, удельная теплозащитная характеристика здания, капитальные затраты, срок окупаемости.

A.D. SAMARIN, Candidate of Sciences (Engineering) (samarin-oleg@mail.ru)
Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl Hwy, 129337, Moscow, Russian Federation)

Technical and Economical Evaluation of Thermo-Modernization of Residential Buildings under Modern Conditions

Economic expediency of improving the heat protection of external enclosures of existing residential buildings in the course of their thermo-modernization on the basis of requirements of SP 50.13330.2012 under modern conditions is considered. Results of the calculation of the specific heat protection characteristic, capital expenditures for heat insulation, and expenditures for heat energy at different values of resistance to heat transfer of main external enclosures for the group of residential buildings are presented. The data obtained were analyzed, the conditions of cost recovery of heat protection improvement up to the minimal level according to SP 50.13330.2012 with the use of total discounted expenditures when determining the operation cost of heat corresponding to climatic conditions of the heating period regulated in SP131.13330.2012 have been identified.

Keywords: reconstruction, resistance to heat transfer, specific heat protection characteristic of building, capital expenditure, cost recovery time.

В последнее время в соответствии с программой реконструкции существующего жилищного фонда, построенного в 1950–1980-е гг. с применением ранее действовавших норм по теплозащите, в Москве в значительных масштабах производятся работы по дополнительному утеплению наружных стен, в ряде случаев также в сочетании с заменой остекления на более энергоэффективное. Особенно данные мероприятия становятся актуальными, в связи с принятием 23 ноября 2009 г. Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ.

При такой модернизации снижаются расчетные тепловые потери здания и, следовательно, уменьшается требуемая мощность отопительных приборов в помещениях и потребление тепловой энергии от источника теплоснабжения. Однако сама по себе подобная реновация сопровождается существенными дополнительными капитальными затратами, требующими технико-экономического обоснования.

Рассмотрим сравнение двух вариантов устройства наружных ограждений в жилых зданиях, расположенных в Москве. В первом варианте рассматривается сопротивление теплопередаче по требованиям нормативов, действовавших на момент строительства, а именно СНиП II-3–79* «Строительная теплотехника». Во втором варианте используется минимально допустимый уровень теплозащиты в соответствии с актуализированной редакцией СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» – СП 50.13330.2012. Данный документ позволяет принимать сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_o , м²·К/Вт, с использованием региональных коэффициентов m_p , корректирующих базовое значение R_o , назначаемое по величине градусо-суток отопительного периода ГСОП в районе строительства. Минимальные значения m_p составляют 0,63 для наружных стен; 0,8 – для полов и потолков; 0,95 – для светопрозрачных конструкций. Результаты вычислений R_o сведены в табл. 1.

Для повышения достоверности выводов дальнейшие расчеты были осуществлены для двенадцати характерных

Таблица 1
Сопротивления теплопередаче основных ограждающих конструкций по сравниваемым вариантам

Вариант теплозащиты	Наружная стена		Пол над подвалом		Покрытие		Окна	
	m_p	R_o	m_p	R_o	m_p	R_o	m_p	R_o
1	–	0,862	–	1,552	–	1,164	–	0,42
2	0,63	1,972	0,8	3,3	0,8	3,737	0,95	0,501

Таблица 2
Характеристики зданий, использованных в расчетах

№ здания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$A_{ст}$	5389	2962	3024	2498	3227	2729	4845	8233	16634	5060	3627	18214
$A_{пл}$	759	389	930	844	467	710	755	1077	1688	535	398	1019
$A_{пт}$	759	389	930	844	467	710	755	1077	1688	535	398	1019
$A_{ок}$	1043	504	720	558	648	520	1134	1609	4737	1952	754	4949
$A_{от}$	4905	2714	3593	2592	3045	2599	5298	7411	20282	4859	2827	12610
$A_{жил}$	3695	1888	2436	1816	2325	1911	3778	5542	14083	3394	1808	8270
$A_{общ}$	5976	3164	4160	2999	3719	3175	5964	9926	27254	7103	3735	15091
$h_{эт}$, м	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	3	3	3	3
$n_{эт}$	9	9	5	5	9	5	9	9	18	16	10	18

$A_{ст}$, $A_{пл}$, $A_{пт}$ и $A_{ок}$ – соответственно площади наружных стен, пола над подвалом, чердачного перекрытия или бесчердачного покрытия, м², принимаемые по строительным чертежам [1]; $A_{от}$, $A_{жил}$ и $A_{общ}$ – отапливаемая, жилая и общая площадь зданий, м²; $h_{эт}$ и $n_{эт}$ – высота этажа от пола до потолка и число этажей соответственно.

Таблица 3
Результаты определения энергетических и технико-экономических показателей для группы жилых зданий

№ здания	$k_{об}^I$	$k_{об}^{II}$	$k_{об}^{TP}$	$\Delta K_{уд}$	$\Delta \Theta_{уд}$	T_0 , г.	$T_{ок}$, г.
1	0,645	0,36	0,396	768	133,6	5,75	10,77
2	0,617	0,339	0,442	735,6	130,6	5,63	10,34
3	0,58	0,323	0,418	758,4	119,7	6,34	13,34
4	0,665	0,365	0,446	889,1	139,8	6,36	13,46
5	0,63	0,353	0,432	750	129,6	5,79	10,92
6	0,665	0,361	0,446	861,5	141,8	6,08	12,11
7	0,571	0,327	0,391	677,9	114,1	5,94	11,52
8	0,649	0,364	0,371	766,4	133,9	5,73	10,68
9	0,488	0,292	0,325	589	98,8	5,96	11,62
10	0,697	0,439	0,391	821,8	129,8	6,33	13,31
11	0,697	0,396	0,432	867,6	152,1	5,7	10,6
12	0,821	0,494	0,342	956,9	165,8	5,77	10,85

$k_{об}^I$ и $k_{об}^{II}$ – фактическая удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м²·К), получаемая в результате расчета. По определению она равна отношению суммарных теплопотерь за счет теплопередачи через наружные ограждающие конструкции к отапливаемому объему здания $V_{от}$, м³, и к расчетной разности температур внутреннего и наружного воздуха, °С. Параметр $k_{об}^{TP}$ представляет собой нормируемое значение данной характеристики в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012. Он используется для выявления возможности снижения теплозащиты, потому что для этого должно выполняться условие $k_{об}^{II} < k_{об}^{TP}$.

жилых зданий различной этажности (от 5 до 18 этажей) с разными размерами и площадью [1]. Конструктивные параметры зданий приведены в табл. 2.

Результаты дальнейших вычислений, выполненных с использованием методики СП 50.13330.2012, сведены в табл. 3. Вследствие значительного объема вычислений и их однотипного характера была разработана программа для ЭВМ. Аналогичные вопросы, но с несколько иными исходными данными и с большим акцентом на оптимизацию расходов первичного топлива и, как следствие, выбросов парниковых газов в последнее время рассматривались и за рубежом, например, в публикациях [2–4].

Как показывает табл. 3, это имеет место для всех зданий, кроме 10-го и 12-го.

Величина $\Delta K_{уд}$ – это удельные дополнительные капитальные затраты на 1 м² отапливаемой площади (сумма затрат на дополнительную теплоизоляцию и замену остекления), р./м²; $\Delta \Theta_{уд}$ – удельное снижение эксплуатационных затрат за счет энергосбережения (также на 1 м² отапливаемой площади), р./м²; T_0 – бездисконтный срок окупаемости, г. Значения $\Delta K_{уд}$ и $\Delta \Theta_{уд}$ вычисляются исходя из среднерыночной стоимости теплоизоляционных материалов и тарифов на тепловую энергию в Москве; $T_0 = \Delta K_{уд} / \Delta \Theta_{уд}$. Дисконтированный срок $T_{ок}$ определяется с учетом нормы дисконта p , которая принимается на уровне действующей ставки банковского кредита. Например, средний уровень текущей ставки ипотечного кредитования Сбербанка РФ для различных категорий клиентов

применительно к объектам недвижимости, построенным без участия его кредитных средств (по данным http://www.ipotek.ru/sber_gotovoje_jilie.php), 12,5% годовых [5–7]. Тогда

$$T_{\text{ок}} = \frac{-\ln(1-p \cdot T_0/100)}{\ln(1+p/100)}.$$

Из табл. 3 легко видеть, что значение $T_{\text{ок}}$ для рассматриваемой группы зданий лежит в пределах 10–13 лет. Это довольно значительная величина, поэтому исследуемый комплекс мероприятий по термомодернизации трудно назвать малозатратным и быстрокупаемым, однако в существующих условиях и при имеющемся подходе к интерпретации размеров срока окупаемости полученный результат, вероятно, следует признать удовлетворительным. Подчеркнем, однако, что приведенная оценка относится к повышению теплозащиты ограждений только до минимального уровня, допускаемого СП 50.13330.2012. При доведении сопротивлений теплопередаче до базовых значений, определяемых числом градусо-суток отопительного периода в районе строительства, результаты получаются существенно иными, что было показано автором в [8], а также в ряде других источников.

Список литературы

1. Самарин О.Д. Обоснование снижения теплозащиты ограждений с использованием актуализированной редакции СНиП 23-02–2003 // *Жилищное строительство*. 2014. № 3. С. 46–48.
2. Liu G., Liu H. Using Insulation in China's Buildings: Potential for Significant Energy Savings and Carbon Emission Reductions // *Low Carbon Economy*. 2011. Vol. 2. No. 4. P. 220–223.
3. Jedinák R. Energy Efficiency of Building Envelopes // *Advanced Materials Research*. Vol. 855. 2013. P. 39–42.
4. Hou Hua Wang, Tao Zhang, Qiu Lian Xiao. Experimental Study of Energy Saving Effect of Building Envelope in Winter // *Applied Mechanics and Materials* (Vols. 121–126). 2011. P. 2741–2747.
5. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // *Строительные материалы*. 2008. № 8. С. 41–47.
6. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // *Строительные материалы*. 2010. № 3. С. 8–16.
7. Дмитриев А.Н., Табунщиков Ю.А., Ковалев И.Н., Шилкин Н.В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. 120 с.
8. Самарин О.Д. Еще раз о целесообразности повышения теплозащиты нестеклопрозрачных ограждений зданий // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 56–59.
9. Liu G., Liu H. Using Insulation in China's Buildings: Potential for Significant Energy Savings and Carbon Emission Reductions. *Low Carbon Economy*. 2011. Vol. 2. No. 4, pp. 220–223.
10. Jedinák R. Energy Efficiency of Building Envelopes. *Advanced Materials Research*. 2013. Vol. 855, pp. 39–42.
11. Hou Hua Wang, Tao Zhang, Qiu Lian Xiao. Experimental Study of Energy Saving Effect of Building Envelope in Winter. *Applied Mechanics and Materials*. 2011. Vols. 121–126, pp. 2741–2747.
12. Gagarin V.G. Economical analysis of increase of thermal performance level of building enclosures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 8, pp. 41–47. (In Russian).
13. Gagarin V.G. Macroeconomic features of justification of energy saving measures during increase of thermal performance of building enclosures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 3, pp. 8–16. (In Russian).
14. Dmitriyev A.N., Tabunshchikov Yu.A., Kovalyov I.N., Shilkin N.V. Manual according to an economic efficiency of the investments in energy saving measures. Moscow: AVOK-PRESS. 2005. 120 p. (In Russian).
15. Samarin O.D. Once more on expedience of increase of thermal performance of non-transparent enclosures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 9, pp. 56–59. (In Russian).

References

1. Samarin O.D. Substantiation of decrease of thermal performance of building enclosures using the actualized edition of the SNiP 23-02–2003. *Zhilishchnoye Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 3, pp. 46–48. (In Russian).



Теплоизоляция первых и цокольных этажей

При возведении любого здания особое внимание уделяют прочности и надежности его заглубленных конструкций, которым приходится не только выдерживать на себе вес всей постройки, но и постоянно подвергаться воздействию негативных факторов окружающей среды: давлению грунта, действию грунтовых вод, сил морозного пучения и др. Однако, выбрав надежные и высокопрочные материалы для фундамента дома, не стоит забывать о цокольной части и первых этажах здания, которые также подвергаются воздействию неблагоприятных факторов на протяжении всего срока эксплуатации.

Одним из основных элементов защиты конструкции здания является его теплоизоляция. К утеплителю для цоколя и стен первого этажа должны предъявляться особо жесткие требования, что продиктовано режимом эксплуатации данных ограждающих конструкций.

Особенно остро стоит данная проблема в системах вентилируемых и штукатурных фасадов с утеплением минватой цокольных и первых этажей, которые максимально подвергаются воздействию увлажняющих факторов.

– Раствепление снежного массива неизбежно увлажняет конструкции как по принципу капиллярного всасывания, так и через возможные стыки.

– Попадание влаги в конструкцию через стыки, трещины или иные нарушения однородности и герметичности облицовочного слоя как по средствам естественных воздействий, таких как дождь, снег, так и в результате поливов газонов и брызг с проезжей части.

– Естественное сорбционное увлажнение (например, туман).

В процессе эксплуатации зданий влажностное состояние материалов ограждающих конструкций определяет эксплуатационные характеристики ограждающих конструкций здания, непосредственно влияет на тепло-

защитные свойства и на энергоэффективность применяемых систем теплоизоляции.

Стационарная методика оценки влажностного режима, разработанная специалистами НИИСФ РААСН, позволяет проверить конструкцию по условиям недопустимости накопления влаги в ней за годовой период эксплуатации и ограничения влаги за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха. Основным результатом расчетов влажностного режима ограждающих конструкций по нестационарным методикам является распределение влаги по толщине конструкции в любой момент времени после начала эксплуатации здания. Этот результат может дать ответы на частные задачи, в том числе определение значения эксплуатационной влажности строительных материалов.

Лабораторией строительной теплофизики НИИСФ РААСН в 2013–2014 гг. была проведена работа, направленная на определение эксплуатационной влажности основных типов теплоизоляционных материалов в наиболее популярных фасадных системах в различных климатических зонах России.

В табл. 1 представлены значения эксплуатационной влажности утеплителей после месяца наибольшего влагонакопления в годичном цикле.

Из представленных в табл. 1 значений можно сделать следующие выводы: в фасадных ватных материалах (средняя плотность 130 кг/м³) содержание влаги, накопленной в процессе эксплуатации, составляет около 1 л/м³. У фасадного пенопласта (средняя плотность 15 кг/м³) этот показатель достигает 0,5 л/м³. Столь значительное увлажнение резко ухудшает теплоизолирующую способность фасадной системы и существенно снижает долговечность конструкции в целом.

Согласно значениям эксплуатационной влажности из табл. 1, составлена табл. 2 со значениями прираще-

Таблица 1

Эксплуатационная влажность после месяца наибольшего влагонакопления

Материал	Эксплуатационная влажность, W _э , мас. %					
	Москва	Санкт-Петербург	Екатеринбург	Новосибирск	Владивосток	Краснодар
Минеральная вата	0,79	0,87	0,80	1,11	0,53	0,75
Пенопласт (EPS)	2,59	2,62	3,58	4,49	2,3	1,82
Экструдированный пенополистирол (XPS)	0,32	0,35	0,24	0,28	0,23	0,38

Таблица 2

Приращение теплопроводности (уменьшение критерия энергоэффективности) в зимний период

Материал	Приращение теплопроводности (уменьшение критерия энергоэффективности), %					
	Москва	Санкт-Петербург	Екатеринбург	Новосибирск	Владивосток	Краснодар
Минеральная вата	3,16	3,48	3,2	4,44	2,12	3
Пенопласт	7,77	7,86	10,74	13,45	6,90	5,46
XPS	1,12	1,23	0,84	0,98	0,80	1,33



ний теплопроводности теплоизоляционных материалов (уменьшения их критерия энергоэффективности) в зимний период.

На первых этажах зданий перепад давления по разные стороны от ограждающей конструкции больше, чем на средних этажах и тем более на верхних этажах, поэтому в данной зоне повышена инфильтрация воздуха через стены. По этой причине помещения на нижних этажах требуют большей теплозащиты. Таким образом, при условии сохранения одинаковой толщины теплоизоляции на всю высоту здания на первых этажах требуются более эффективные утеплители. Теплопроводность экструдированного пенополистирола практически неизменна, поэтому его применение на первых этажах способствует решению вышеизложенной проблемы.

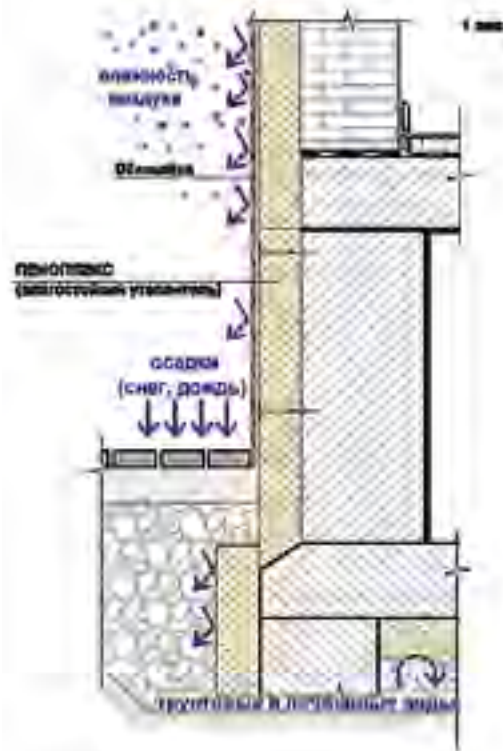
Не стоит забывать и о скрытых угрозах, связанных с утратой должной биостойкости увлажненным слоем теплоизоляции фасадной системы. Влажный утеплитель – это благоприятная среда для развития плесени и других микроорганизмов.

По этой причине помещения на нижних этажах требуют использования преимущественно влаго- и биостойких теплоизоляционных материалов с низким водопоглощением.

Силами специалистов технического отдела ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб» была разработана вандалоустойчивая, а также стойкая к различным микологическим факторам фасадная система ФАСАД PRO, состоящая из нескольких компонентов, которые в совокупности обеспечивают надежность системы и теплоизоляцию здания (см. рисунок). При этом чрезвычайно важным аспектом является применение в данной системе надежного влаго- и биостойкого утеплителя ПЕНОПЛЭКС®.

Данная фасадная система имеет подтвержденный заключением № 330–16 от 25.01.2016 г. ФГБУ ВНИИПО МЧС России класс пожарной опасности К0, что позволяет применять систему на зданиях и сооружениях всех степеней огнестойкости, за исключением зданий и сооружений классов функциональной пожарной опасности Ф1.1 и Ф4.1 (детские сады, школы, дома престарелых).

Схема теплоизоляции цокольного и первого этажа с применением плит ПЕНОПЛЭКС®



Плиты ПЕНОПЛЭКС® обладают следующим рядом преимуществ для широкого применения их на первых этажах зданий и сооружений:

- низким коэффициентом теплопроводности ($\lambda=0,032$ Вт/(м·К)), что позволяет обеспечить высокий уровень теплозащиты при достаточно тонком слое теплоизоляции;
- практически нулевым водопоглощением за счет замкнутой ячеистой структуры материала;
- биостойкостью, не подвержены биоразложению, а это значит, что никакой опасности при контакте материала с водой и почвой не возникает;
- прочностью при сжатии не менее 20 т/м², он не крошится и не сыплется ни в процессе монтажа, ни в течение всего срока службы;
- долговечностью более 50 лет.

Компания «ПЕНОПЛЭКС» провела испытание теплоизоляционных плит в Научно-исследовательском институте строительной физики РААСН для определения долговечности материала в реальных условиях эксплуатации. Результаты испытаний показали, что материал сохраняет свои свойства в течение как минимум 50 лет.

Совокупность вышеперечисленных качеств фасадной системы «ФАСАД PRO» с эффективной теплоизоляцией ПЕНОПЛЭКС® доказывает, что она является оптимальным выбором для систем утепления первых и цокольных этажей.

*А.В. Жеребцов, руководитель технического отдела
компании «ПЕНОПЛЭКС СПб»*

УДК 692:699.8

А.М. ГАЙСИН, канд. техн. наук (askargaisin@yandex.ru), С.Ю. САМОХОДОВА, инженер,
А.Ю. ПАЙМЕТЬКИНА, инженер, И.В. НЕДОСЕКО, д-р техн. наук
Уфимский государственный нефтяной технический университет
450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1

Сравнительная оценка удельных теплопотерь через элементы наружных стен жилых зданий, определяемых по различным методикам

Произведена сравнительная оценка результатов расчета приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен жилого дома типовой застройки для климатических условий Республики Башкортостан по методикам СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие здания. Характеристики теплотехнических неоднородностей». Показано количественное соотношение удельных теплопотерь через различные участки наружных стен жилого дома средней этажности, включая теплотехнические неоднородности.

Ключевые слова: приведенное сопротивление теплопередаче, теплозащитная оболочка здания, удельные потери теплоты, температурные поля, коэффициент теплотехнической однородности.

A.M. GAYSIN, Candidate of Sciences (Engineering) (askargaisin@yandex.ru); S.Yu. SAMOKHODOVA, Engineer; A.Yu. PAYMETKINA, Engineer; I.V. NEDOSEKO, Doctor of Sciences (Engineering)
Ufa State Petroleum Technological University (1 Kosmonavtov Street, Ufa, 450062, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

Comparative Assessment of Specific Heat Losses through Elements of External Walls of Residential Buildings Determined by Different Methods

The comparative assessment of results of the calculation of the reduced resistance to the heat transfer of external walls of a residential building of the development typical for climatic conditions of the Republic of Bashkortostan was made according to methods of SP 50.13330.2012 "Heat Protection of Buildings" and SP 230.1325800.2015 "Enclosing Structures of Buildings. Characteristics of Thermal-Technical Heterogeneities". The quantitative ratio of specific heat losses through different parts of external walls of a residential house with average number of storeys, including thermal-technical heterogeneities, is shown.

Keywords: reduced resistance to heat transfer, heat protection envelope of building, specific heat losses, temperature fields, coefficient of thermal-technical heterogeneity.

Проблема повышения энергетической эффективности отечественного жилого фонда, доставшаяся в наследство от бывшего СССР, давно стала притчей во языцех. Причем это, к сожалению, касается не только ветхого жилья, но и многочисленных зданий жилищно-гражданского назначения, построенных в постсоветский период. Поэтому наиболее радикальные изменения нормативных требований в части теплозащиты зданий, начатые с изменения № 3 к СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника» от 1 сентября 1995 г., безусловно, были вызваны объективной необходимостью. Однако негативные последствия реального внедрения данных изменений в практику проектирования и строительства жилых зданий, происходившие за последние два десятилетия, из-за многочисленных причин как объективного, так и субъективного характера (низкое качество проектных решений и строительно-монтажных работ, недостаточная развитость базы стройиндустрии в отдельных регионах и др.), о чем достаточно объективно и подробно писали многие ведущие специалисты данного профиля [1, 2, 3], заставляли постоянно вносить последующие изменения в данные нормативы [4, 5], что еще более затрудняло решение проблемы, осложненное к тому же кризисными явлениями в отечественном строительстве. Последние российские нормативы, в частности СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», учитывают современный опыт и наиболее полно приближены к реальным условиям [6, 7]. Согласно ему, приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента

теплозащитной оболочки здания R_o^{np} , $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$, рассчитывается с использованием результатов расчетов температурных полей по методике, изложенной в приложении Е данного документа. При этом, приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен следует рассчитывать для всех фасадов с учетом откосов проемов, без учета их заполнений по формуле:

$$R_o^{np} = \frac{1}{\frac{1}{R_o^{ysl}} + \sum l_j \psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \psi_j + \sum n_k \chi_k}$$

где l_j , n_k – геометрические характеристики элементов, определяемые для конкретного проекта;

ψ_j , χ_k – удельные потери теплоты через элементы;

R_o^{ysl} – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции, $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$;

U_i – коэффициент теплопередачи однородной i -й части фрагмента теплозащитной оболочки здания (удельные потери теплоты через плоский элемент i -го вида), $Wt / (m^2 \cdot ^\circ C)$;

a_i – площадь плоского элемента конструкции i -го вида, приходящаяся на $1 m^2$ фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции, m^2 / m^2 .

Расчет основан на представлении фрагмента теплозащитной оболочки здания в виде набора независимых элементов, каждый из которых влияет на тепловые потери

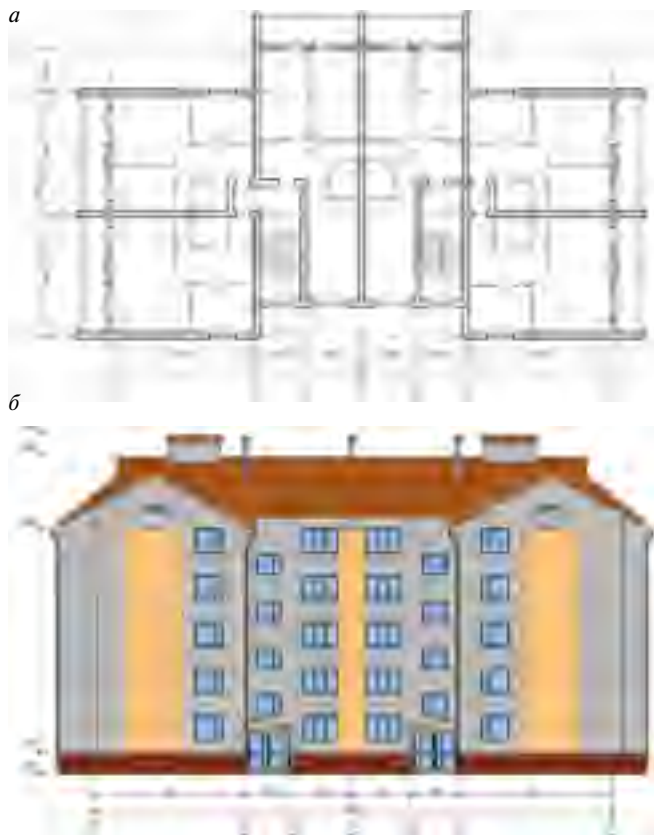


Рис. 1. Объемно-планировочные решения пятиэтажного жилого дома в г. Кумертау: а – план типового этажа; б – фасад

через фрагмент. Удельные потери теплоты, обусловленные каждым элементом, находятся на основе сравнения потока теплоты через узел, содержащий элемент, и через тот же узел, но без исследуемого элемента.

Наиболее неоднородным фрагментом теплозащитной оболочки здания, как правило, являются наружные стены. Как показывает практика, расчет реального приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен по методике СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» с использованием результатов расчетов температурных полей достаточно сложен и трудоемок. Специалистами НИИСФ РААСН В.Г. Гагариным и В.В. Козловым в 2015 г. был разработан свод правил СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей», призванный существенно упростить работу по проектированию теплового контура здания.

Коллектив авторов данной статьи провел сравнительный расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен жилого дома по трудоемкой методике СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и инженерной методике СП 230.1325800.2015. В качестве примера рассматривался типовой проект пятиэтажного 30-квартирного жилого дома, расположенного в г. Кумертау Республики Башкортостан (рис. 1), широко используемый в массовом жилищном строительстве средней полосы России.

Здание имеет следующие объемно-планировочные показатели:

- отапливаемый объем здания $V_{от} = 5398,42 \text{ м}^3$;
- общая площадь наружных ограждающих конструкций $A_{огр} = 2198,84 \text{ м}^2$, в том числе фасадов здания $A_{фас} = 1416,46 \text{ м}^2$; остекления $165,86 \text{ м}^2$; входных дверей $10,56 \text{ м}^2$;
- показатель компактности здания $K_{комп} = 0,41$.

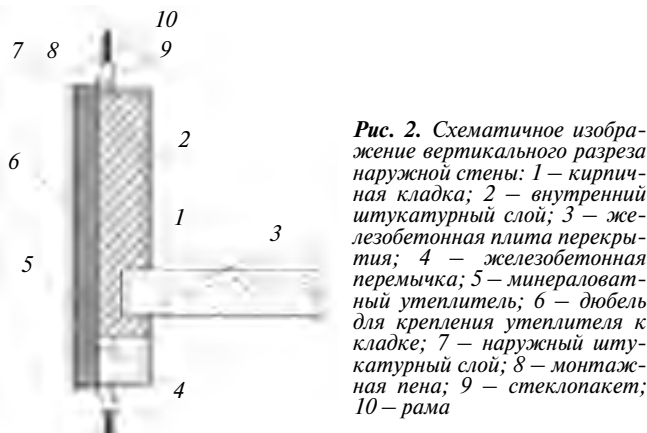


Рис. 2. Схематичное изображение вертикального разреза наружной стены: 1 – кирпичная кладка; 2 – внутренний штукатурный слой; 3 – железобетонная плита перекрытия; 4 – железобетонная перемычка; 5 – минераловатный утеплитель; 6 – дюбель для крепления утеплителя к кладке; 7 – наружный штукатурный слой; 8 – монтажная пена; 9 – стеклопакет; 10 – рама

Наружные стены представляют собой кладку из керамического пустотелого кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 250 мм с утеплением минераловатными плитами толщиной 120 мм и последующим оштукатуриванием по сетке. Заполнение оконных проемов светопрозрачными конструкциями с приведенным сопротивлением теплопередаче $0,62 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. По фасадным стенам имеются остекленные балконы и лоджии, препятствующие инфильтрации тепловой энергии. Глухая часть балконных дверей имеет сопротивление теплопередаче $0,87 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Остекление лоджий – одинарное в пластиковых профилях. Ограждения балконов и лоджий состоят из кирпичной кладки толщиной 120 мм с последующим оштукатуриванием. Фрагмент стены представлен на рис. 2.

Для определения приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены по методике, изложенной в приложении Е СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», фасад здания был представлен в виде следующих элементов:

- плоский элемент 1 – торец железобетонной плиты перекрытия в участке опирания на кирпичную кладку, утепленный минеральной ватой и оштукатуренный;
- плоский элемент 1б – выход балконных плит на фасад здания;
- плоский элемент 2 – железобетонная перемычка, утепленная минераловатной плитой, покрытой тонким слоем цементно-песчаной штукатурки;
- плоский элемент 2б – железобетонная перемычка в пределах остекленных балконов и лоджий, утепленная минераловатной плитой;
- плоский элемент 3 – рядовой участок стены в виде кирпичной кладки с утеплением минераловатной плитой и оштукатуриванием;
- плоский элемент 3б – рядовой участок стены в пределах остекленных балконов и лоджий;
- линейный элемент 1 – оконный откос, образованный железобетонной перемычкой (рис. 3);
- линейный элемент 1б – то же, в пределах остекленных балконов;
- линейный элемент 2 – оконный откос, образованный кирпичной кладкой (рис. 4);
- линейный элемент 2б – то же, в пределах остекленных балконов;
- точечный элемент 1 – стеклопластиковый дюбель, прикрепляющий слой минераловатной плиты к торцам железобетонных плит;
- точечный элемент 2 – стеклопластиковый дюбель, прикрепляющий слой минераловатной плиты к железобетонным перемычкам;

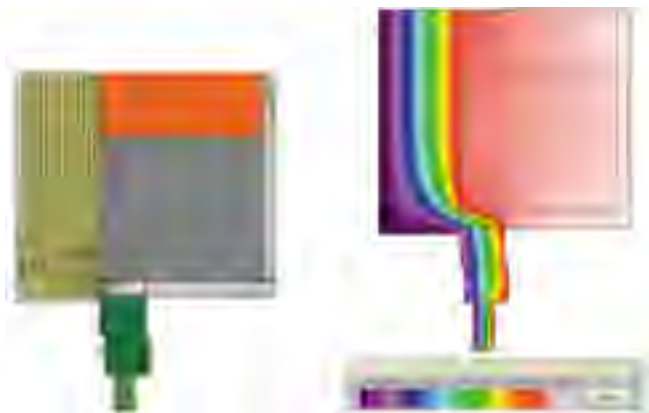


Рис. 3. Распределение температуры и двумерное тепловое поле в сечении надоконного фрагмента трехслойной стеновой конструкции

– точечный элемент 3 – стеклопластиковый дюбель, прикрепляющий слой минераловатной плиты к кирпичной кладке.

Следует отметить, что такие фрагменты фасада, как примыкание к цокольному ограждению и углы здания, не учитывались ни в том, ни в другом расчете.

Расчет фрагментов фасада по глади производился из условия температуры внутреннего воздуха 21°C, наружного воздуха –35°C, а для участков в пределах остекленных балконов и лоджии принималась температура $t_{бал} = -24,93^\circ\text{C}$, определенная из уравнения теплового баланса на балконе.

Результаты расчетов с использованием температурных полей по методике СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» представлены в табл. 1; наиболее характерные фрагменты температурных полей в элементах сопряжений в конструктивных элементах представлены на рис. 3 и 4.

Таким образом, приведенное сопротивление теплопередаче стены составило:

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,360} = 2,78 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт},$$

а коэффициент теплотехнической однородности $r=0,79$.

При расчете приведенного сопротивления теплопередаче по методике СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограж-



Рис. 4. Распределение температуры и двумерное тепловое поле в сечении подоконного фрагмента трехслойной стеновой конструкции

дающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей» с использованием таблиц приложения Г фасада здания был представлен в виде следующих укрупненных элементов:

– плоский элемент 1 – торец железобетонной плиты в участке опирания на кирпичную кладку, утепленный минераловатной плитой, покрытой тонким слоем цементно-песчаной штукатурки;

– плоский элемент 2 – железобетонная перемычка, утепленная минераловатной плитой, покрытой тонким слоем цементно-песчаной штукатурки;

– плоский элемент 3 – кирпичная кладка, утепленная минераловатной плитой, покрытой тонким слоем цементно-песчаной штукатурки;

– линейный элемент 1 – примыкание оконного блока к стене;

– линейный элемент 2 – стык балконной плиты со стеной;

– точечный элемент 1 – стеклопластиковый дюбель, прикрепляющий слой минераловатной плиты к несущему слою.

Результаты расчетов с использованием справочных таблиц по методике СП 230.1325800.2015 представлены в табл. 2.

Таким образом, приведенное сопротивление теплопередаче стены составило:

Таблица 1

Результаты расчета удельных характеристик элементов наружной стены

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля от общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$a_1=0,027 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_{\bar{1}}=0,299 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_1 a_{\bar{1}}=0,008 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	2,22
Плоский элемент 1б	$a_{1б}=0,019 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_{\bar{1б}}=1,299 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_1 a_{1б}=0,025 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	6,94
Плоский элемент 2	$a_2=0,012 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_2=0,314 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_2 a_2=0,004 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	1,11
Плоский элемент 2б	$a_{2б}=0,021 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_{\bar{2б}}=0,257 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_2 a_{2б}=0,005 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	1,39
Плоский элемент 3	$a_3=0,603 \text{ м}/\text{м}^2$	$U_{\bar{3}}=0,283 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_3 a_3=0,171 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	47,5
Плоский элемент 3б	$a_{3б}=0,319 \text{ м}/\text{м}^2$	$U_{\bar{3б}}=0,232 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$U_3 a_{3б}=0,074 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	20,56
Линейный элемент 1	$l_1=0,045 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_1=0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	$\psi_1 l_1=0,002 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	0,56
Линейный элемент 1б	$l_{1б}=0,077 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_{1б}=0,06 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	$\psi_1 l_{1б}=0,005 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	1,39
Линейный элемент 2	$l_2=0,127 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_2=0,051 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	$\psi_2 l_2=0,007 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	1,94
Линейный элемент 2б	$l_{2б}=0,394 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_{2б}=0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	$\psi_2 l_{2б}=0,018 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	5
Точечный элемент 1	$n_1=0,193 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_1=0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$\chi_1 n_1=0,001 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	0,28
Точечный элемент 2	$n_2=0,156 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_2=0,009 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$\chi_2 n_2=0,001 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	0,28
Точечный элемент 3	$n_3=6,45 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_3=0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$\chi_3 n_3=0,039 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	10,83
Итого			$1/R_{np}=0,36 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	100

Таблица 2
Результаты расчета удельных характеристик элементов наружной стены табличным методом

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$a_1=0,051 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_1=0,299 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$	$U_1 a_1=0,015 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$	3,69
Плоский элемент 2	$a_2=0,036 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_2=0,314 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$	$U_2 a_2=0,011 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$	2,71
Плоский элемент 3	$a_3=0,91 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_3=0,283 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$	$U_3 a_3=0,258 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$	63,55
Линейный элемент 1	$l_1=0,587 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_1=0,062 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$	$\psi_1 l_1=0,036 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$	8,87
Линейный элемент 2	$l_2=0,102 \text{ м}/\text{м}^2$	$\psi_2=0,437 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$	$\psi_2 l_2=0,045 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$	11,08
Точечный элемент 1	$n_1=6,8 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_1=0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{С}$	$\chi_1 n_1=0,041 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$	10,1
Итого			$1/R_{np} = 0,406 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$	100

$$R_0^{np} = \frac{1}{0,406} = 2,46 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С}/\text{Вт}$$

а коэффициент теплотехнической однородности составил $\alpha=0,70$.

Как видно из табл. 1, рассчитанная с использованием температурных полей по методике СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» доля общего потока теплоты через совокупность плоских элементов, за исключением выхода балконных плит на фасад здания (плоский элемент 1б), составляет 72,78%, через оконные откосы и точечные элементы соответственно 8,89 и 11,39%. Доля общего потока теплоты через совокупность плоских элементов, рассчитанная по методике СП 230.1325800.2015 с использованием таблиц, составляет 69,95% (табл. 2), а через оконные откосы и точечные элементы соответственно составляет 8,87 и 10,1%. Таким образом, результаты расчета с использованием температурных полей по методике СП 50.13330.2012 и по ме-

тодике СП 230.1325800.2015 с использованием таблиц показывают достаточно хорошую сходимость. Более серьезные отличия доли общего потока теплоты показывают результаты расчета стыка балконной плиты со стеной (соответственно 6,94 и 11,08%). Это можно объяснить тем, что в первом случае элемент представлялся в виде плоского фрагмента и температура внешней среды назначалась равной температуре воздуха в пределах остекленной лоджии, а во втором случае – в виде линейного элемента и температура внешней среды приравнивалась к температуре наружного воздуха.

В целом расхождение результатов расчета приведенного сопротивления теплопередаче стены составляет около 12%, что вполне допустимо для инженерных расчетов, и методика СП 230.1325800.2015 с использованием справочных таблиц может быть рекомендована к более широкому использованию специалистами проектных и жилищно-эксплуатационных организаций.

Список литературы

1. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // *Строительные материалы*. 2010. № 3. С. 8–16.
2. Бабков В.В., Гайсин А.М., Федорцев И.В., Синицин Д.А., Кузнецов Д.В., Нафтулович И.М., Кильдибаев Р.С., Колесник Г.С., Каранаева Р.З., Саватеев Е.Б., Долгодворов В.А., Гусельникова Н.Е., Гареев Р.Р. Теплоэффективные конструкции наружных стен зданий, применяемые в практике проектирования и строительства Республики Башкортостан // *Строительные материалы*. 2006. № 5. С. 43–47.
3. Недосеко И.В., Бабков В.В., Алиев Р.Р., Кузьмин В.В. Применение конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона в малоэтажном строительстве // *Жилищное строительство*. 2008. № 3. С. 26–28.
4. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // *Жилищное строительство*. 2011. № 8. С. 2–7.
5. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // *Строительные материалы*. 2010. № 12. С. 4–12.
6. Гагарин В.Г. Энергию надо тратить! // *Энергия: экономика, техника, экология*. 2009. № 2. С. 2–8.
7. Гагарин В.Г., Дмитриев К.А. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 14–16.

References

1. Gagarin V.G. Macroeconomic Aspects of Substantiation of Power Saving Measures Aimed at Improving the Heat Protection of Buildings' Enclosing Structures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 3, pp. 8–16. (In Russian).
2. Babkov V.V., Gaisin A.M., Fedortsev I.V., Sinitin D.A., Kuznetsov D.V., Naftulovich I.M., Kil'dibaev R.S., Kolesnik G.S., Karanaeva R.Z., Savateev E.B., Dolgodvorov V.A., Gusel'nikova N.E., Gareev R.R. The heateffective designs of external walls of buildings applied in practice of design and construction of the Republic of Bashkortostan. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2006. No. 5, pp. 43–47. (In Russian).
3. Nedoseko I.V., Babkov V.V., Aliev R.R., Kuz'min V.V. Application of a constructional and heat-insulating Haydite Concrete in low construction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2008. No. 3, pp. 26–28. (In Russian).
4. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Requirements for Thermal Protection and Energy Efficiency in the Draft of the Updated SNiP «Thermal Protection of Buildings». *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2011. No. 8, pp. 2–7. (In Russian).
5. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Theoretical Preconditions for Calculation of Reduced Resistance to Heat Transfer of Enclosing Structures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 12, pp. 4–12. (In Russian).
6. Gagarin V.G. Energy should be spent! *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya*. 2009. No. 2, pp. 2–8. (In Russian).
7. Gagarin V.G., Dmitriev K.A. Accounting Heat Engineering Heterogeneities When Assessing the Thermal Protection of Enveloping Structures in Russia and European Countries. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 6, pp. 14–16. (In Russian).

УДК 624.05

С.А. СЫЧЕВ, канд. техн. наук (sasychev@ya.ru)

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4)

Структурно-функциональная схема автоматизации высокоскоростного монтажа зданий из модулей повышенной заводской готовности

Ни уровень технологической оснастки, ни методы контроля положения конструкции в пространстве не отвечают возрастающим требованиям производства. Разрешение возникающих проблем возможно только при комплексной автоматизации процесса монтажа строительных конструкций, и в первую очередь операций, связанных с предварительной установкой и выверкой строительных конструкций. В общем случае автоматизированная система управления технологическим процессом обеспечивает автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления объектом в соответствии с принятым критерием, и реализацию управляющих воздействий на технологический процесс возведения зданий из модульных систем. Объект управления представляет собой совокупность технологического оборудования и реализованного на его основе по соответствующим алгоритмам и регламентам технологического процесса монтажа модулей. Системы, встраиваемые в блоки непосредственного взаимодействия с оператором, должны содержать лазеры с длиной волны излучения в видимом диапазоне. При этом обеспечиваются оптимальные условия для анализа текущего состояния монтажа, осуществляется минимизация номенклатуры задействованной аппаратуры информационно-измерительной системы.

Ключевые слова: быстрая сборка, унифицированные модульные конструкции, предварительно изготовленные на заводе; быстровозводимые модульные здания, высокая скорость строительства.

S.A. SYCHEV, Candidate of Sciences (Engineering), (sasychev@ya.ru)
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2nd Krasnoarmeiskaya Street, 190005, St. Petersburg, Russian Federation)

Structural-Functional Scheme of Automation of High-Speed Installation of Buildings of Increased Prefabrication Modules

Neither the level of technological equipment, nor methods for controlling the position of design in space meet the growing demands of production. The resolution of emerging problems is only possible with an integrated automation of process of installation of building structures and, first of all, operations associated with pre-installation and alignment of building structures. In general, the automated control system of technological process provides automated collection and processing of information necessary to optimize the management of an object in accordance with the adopted criteria, and implementation of control actions on the process of construction of buildings of modular systems. The control object is a set of technological equipment and the technological process of mounting modules implemented on the basis of appropriate algorithms and regulations. Systems, built-in blocks of direct interaction with the operator, must contain lasers with emission wavelength in the visible range. It provides optimal conditions for the analysis of current state of installation, minimization of the nomenclature of used measuring and information system equipment is realized.

Keywords: quick assembly, unified modular constructions, prefabricated in the factory, prefabricated modular buildings, high speed of construction.

Внедрение интенсивных технологий на базе передовой техники, роботов, прогрессивных технологических процессов и гибких технологий производства монтажных работ позволяет создавать принципиально новые ресурсо-энергосберегающие, безотходные, малооперационные эффективные технологии.

Актуальность рассматриваемых вопросов подчеркивается наличием серьезных недостатков в строительстве зданий из модулей, связанных с незавершенной проработкой промышленных методов и способов монтажа модулей, отсутствием на стройках перспективных средств механизации и автоматизации монтажа модулей [1–11].

Наиболее трудоемким этапом в процессе монтажа строительных конструкций является процесс предварительной установки и выверки строительных конструкций. Ни уровень технологической оснастки, ни методы контроля положения конструкции в пространстве не отвечают возрастающим требованиям производства. Разрешение возникающих

проблем возможно только при комплексной автоматизации и роботизации процесса монтажа модульных конструкций.

В общем случае автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) обеспечивает автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления объектом в соответствии с принятым критерием, и реализацию управляющих воздействий на технологический процесс. Объект управления представляет собой совокупность технологического оборудования и реализованного на его основе по соответствующим алгоритмам и регламентам технологического процесса монтажа объемных модулей.

В управляемом технологическом процессе выделяют информационные потоки, характеризующиеся следующими группами параметров:

1. Измеряемые параметры $X=(X_1, X_2 \dots X_n)$, к которым относятся измеряемые, но управляемые параметры, зависящие от внешних факторов; выходные параметры,

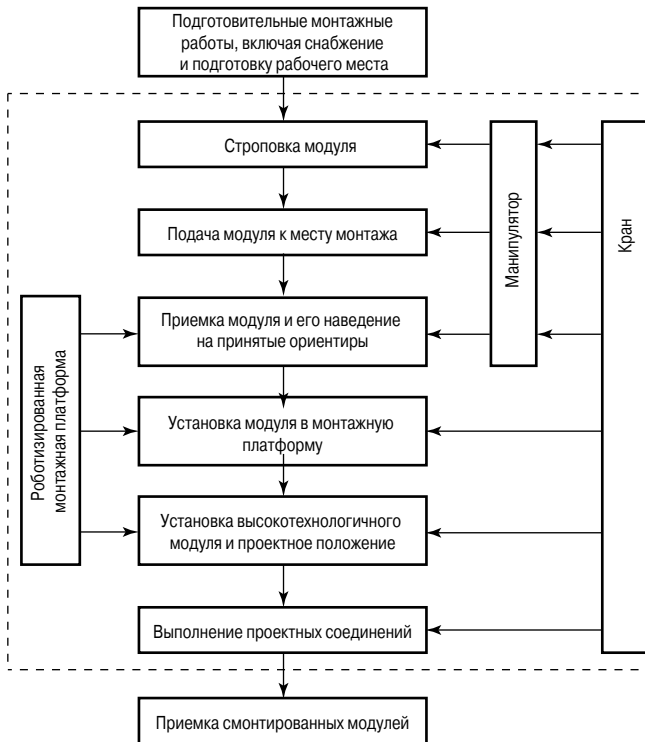


Рис. 1. Структурно-функциональная схема автоматизации монтажа сборных строительных конструкций

по которым непосредственно или опосредованно определяют эффективность производственного процесса или ограничения, наложенные на условия его протекания.

2. Управляемые параметры $Y=(Y_1, Y_2 \dots Y_n)$, которые могут изменяться под действием исполнительных устройств и т. д.

3. Неизмеряемые и неуправляемые параметры $P=(P_1, P_2 \dots P_n)$, изменяющиеся со временем характеристики технологического оборудования, характеристики сырья и т. д.

При монтаже сборных строительных конструкций монтажный кран применяется в операциях транспортирования конструкции к месту монтажа, предварительной установки и выверки конструкции. В процессе монтажа сборные конструкции, перемещенные грузозахватными механизмами, не всегда находятся в смежных вертикальной и горизонтальной плоскостях, так как длина строп неодинакова, а конструкции имеют технологические погрешности изготовления. Это затрудняет установку конструкции в проектное положение.

Операции, связанные с предварительной установкой, выверкой элементов и установкой монтируемой конструкции, осуществляются звеном монтажников вручную. Это объясняется тем, что конструкции кранов, предназначенных для массового производства, предназначены лишь для выполнения подъемно-транспортных операций. Ни один из них не приспособлен для выполнения операций, связанных с выверкой и установкой конструкций в проектное положение. Для устранения указанных недостатков возможно приме-

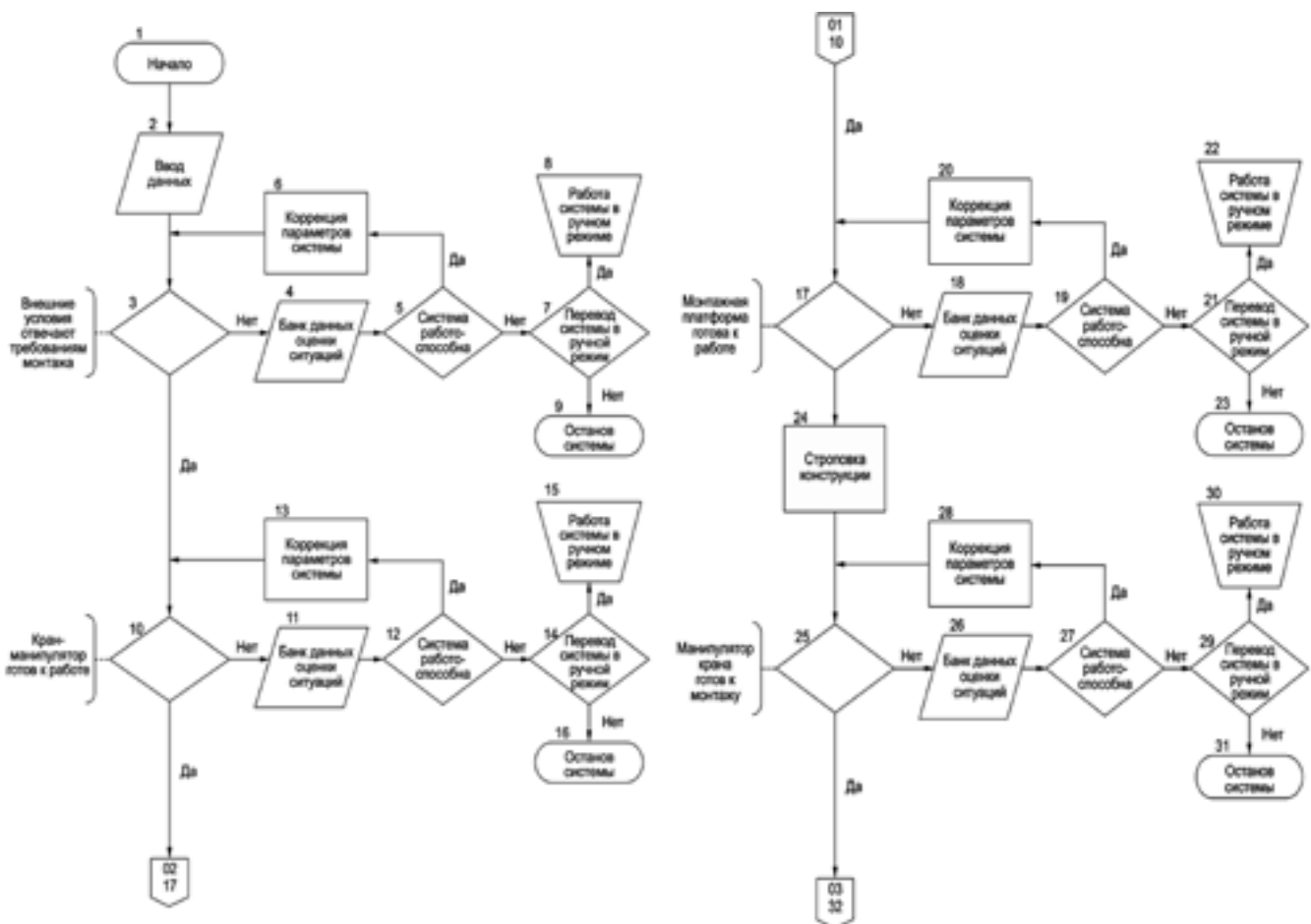


Рис. 2. Блок-схема пооперационной работы автоматизированной системы монтажа сборных строительных конструкций (начало)

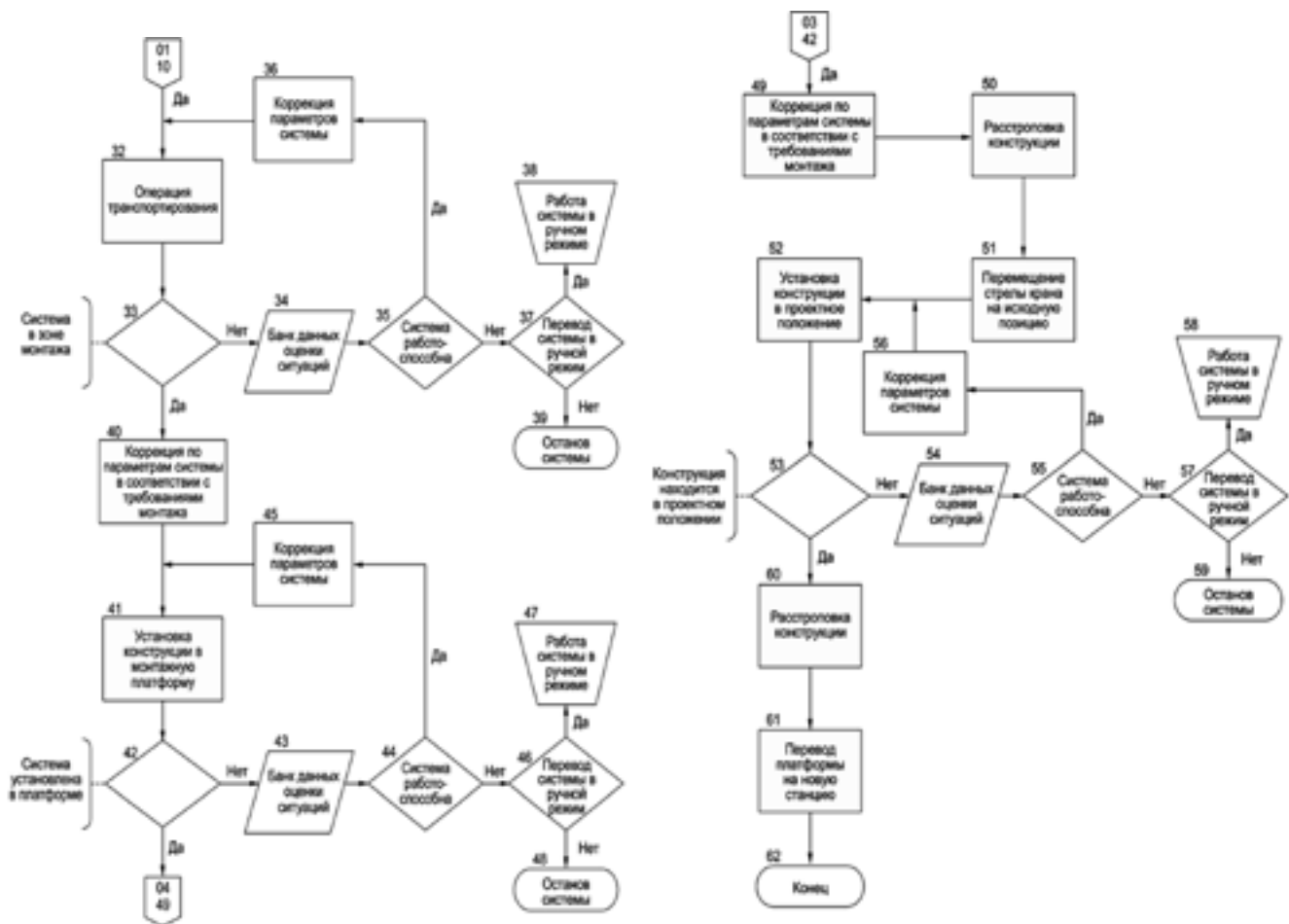


Рис. 2. Блок-схема пооперационной работы автоматизированной системы монтажа сборных строительных конструкций (окончание)

нение системы автоматизации технологического процесса монтажа сборных строительных конструкций, структурно-функциональная схема которой представлена на рис. 1.

Кран-манипулятор обеспечивает в автоматизированном режиме подачу элемента к месту монтажа, приемку элемента и наведение системы к месту монтажа, а также установку конструкции в монтажную платформу.

Монтажная платформа используется в операциях, связанных с выверкой и установкой конструкции в проектное положение, и представляет собой дистанционно управляемый, пространственный адаптивный фиксатор без остаточной жесткой связи с конструкцией. Монтажная платформа, а также кран-манипулятор оснащаются специальными механизмами, обеспечивающими ориентацию объекта в пространстве в соответствии с заданными траекториями. Это обеспечивает повышенную маневренность системы, а также позволяет сглаживать погрешности монтажа, связанные с отклонениями в изготовлении конструктивных элементов.

Применение подобной системы по месту монтажа исключает необходимость ручной коррекции положения объекта в пространстве.

Пооперационная структурно-функциональная схема управления системой «кран-манипулятор – монтажная платформа» представлена на рис. 2. В начале монтажа осуществляется ввод данных, определяемых номенклатурой параметров при установке конструкций в проектное по-

ложение. На следующем этапе определяется соответствие внешних условий (ветровой нагрузки, метеорологической дальности видимости и т. п.) требованиям монтажа. Информация с первичных измерительных преобразователей поступает в банк данных оценки ситуации.

Сравнение текущей обстановки на соответствие штатным состояниям обеспечивает три исхода дальнейшего функционирования системы: система работоспособна, перевод системы в ручной режим работы, останов системы.

Далее осуществляется диагностирование крана-манипулятора и монтажной платформы. В случае получения подтверждения готовности от исполнительных устройств манипулятор крана стропует конструкцию, после чего проверяется грузозахватный механизм в нагруженном состоянии. Если система подтвердила свою работоспособность, то по команде с пульта управления выполняется операция транспортирования груза к месту монтажа. Как только система оказывается в пределах зоны монтажа, осуществляется коррекция параметров системы. Это необходимо для функционирования системы при повышении требований к позиционированию груза.

Следующим шагом является установка строительного элемента в монтажную платформу. При этом осуществляется последовательное приближение к месту монтажа, центровка и выравнивание объекта манипулирования относительно направляющих платформы. После этого груз устанавливается в монтажной платформе.

Затем кран по сигналу с блока управления отсоединяет груз, установленный в манипуляторе грузозахватного устройства. Как только кран выходит из зоны монтажа, платформа, подтверждая готовность к монтажу и получив сигнал с блока управления, осуществляет операции, связанные с установкой элемента строительной конструкции в проектное положение.

После завершения пространственных манипуляций с грузом, при обеспечении надежного крепления устанавливаемого элемента относительно ранее собранной части сооружения, осуществляется расстроповка конструкции. При этом зажимной центрирующий механизм освобождает объект, установленный в монтажную платформу. Исключив механическую связь между манипулятором и смонтированным элементом, монтажная платформа перемещается на новую станцию. Монтаж конструкции завершен.

Применение описанной системы позволяет использовать кран-манипулятор для одновременной работы с несколькими монтажными платформами.

Применение системы «кран-манипулятор – монтажная платформа» обеспечивает в автоматизированном режиме установку конструкций в проектное положение. При этом значительно снижается трудоемкость и доля ручного труда, приведенная к единице произведенной продукции.

Выводы.

Разработка системы монтажа сборных строительных конструкций связана с созданием механизмов, обеспечивающих требуемую ориентацию объектов в пространстве. Для этих целей используются как исполнительные устройства с открытой кинематической схемой, так и системы замкнутого типа. Системы с открытой кинематической схемой имеют высокую маневренность, но обладают малой жесткостью, поэтому могут быть использованы только при монтаже легких строительных конструкций.

Системы платформенного типа, обладающие большой жесткостью и грузоподъемностью, являются перспективными для создания оборудования монтажа строительных конструкций различной грузоподъемности. Методика синтеза механизмов ориентации строительных систем отработана и позволяет создавать манипуляторы различной маневренности. В исполнительных устройствах автоматизированных систем позиционирования строительных конструкций следует использовать электрические и гидравлические приводы. Электрические приводы могут использоваться при создании грузоподъемных систем, обладающих малым весом. Во всех прочих случаях следует использовать гидроприводы. Пневмоприводы ввиду своих тактико-технических параметров использоваться в системах позиционирования строительных конструкций не могут.

Список литературы

1. Афанасьев А.А. Технология возведения полносборных зданий. М.: АСВ, 2000. 287 с.
2. Афанасьев А.В., Афанасьев В.А. Организация строительства быстровозводимых зданий и сооружений. Быстровозводимые и мобильные здания и сооружения: перспективы использования в современных условиях. СПб.: Стройиздат, 1998. С. 226–230.
3. Верстов В.В., Бадьин Г.М. Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений в Санкт-Петербурге // *Вестник гражданских инженеров*. 2010. № 1 (22). С. 96–105.
4. Николаев С.В. СПКД – система строительства жилья для будущих поколений // *Жилищное строительство*. 2013. № 1. С. 7–15.
5. Тихомиров Б.И., Коршунов А.Н., Шакиров Р.А. Универсальная система крупнопанельного домостроения с многовариантными планировками квартир и их разнообразными сочетаниями в базовой конструкции блок-секции // *Жилищное строительство*. 2012. № 4. С. 13–20.
6. Сычев С.А. Моделирование технологических процессов ускоренного монтажа зданий из модульных систем // *Монтажные и специальные работы в строительстве*. 2015. № 11. С. 18–25.
7. Сычев С.А. Системный анализ технологий высокоскоростного строительства в России и за рубежом // *Перспективы науки*. 2015. № 9 (72). С. 45–53.
8. Viscomi B.V., Michalerya W.D., Lu L.W. Automated construction in the ATLSS integrated building systems // *Automation in construction*. 1994. № 3, pp. 35–43.
9. Fudge, J., Brown, S. (2011). Prefabricated modular concrete construction // *Building engineer*, 86 (6), pp. 20–21.
10. Knaack, U., Chung-Klatte, Sh., Hasselbach, R. Prefabricated systems: Principles of construction. De Gruyter, 2012. 67 p.

References

1. Afanas'ev A.A. Tehnologija vozvedenija polnosbornyh zdaniy [Technology of construction of prefabrication buildings]. Moscow: ASV, 2000. 287 p.
2. Afanas'ev A.V., Afanas'ev V.A. Organizacija stroitel'stva bystrovovodimyh zdaniy i sooruzhenij. Bystrovovodimye i mobil'nye zdaniya i sooruzhenija: perspektivy ispol'zovaniya v sovremennyh uslovijah [The organization of construction of the fast-built buildings and constructions. The fast-built and mobile buildings and constructions: prospects of use in modern conditions]. SPb.: Strojizdat. 1998, pp. 226–230. (In Russian).
3. Verstov V.V., Badyin G.M. Features of design and construction of buildings and constructions in St. Petersburg. *Vestnik gragdanskih ingenerov*. 2010. No. 1, pp. 96–105. (In Russian).
4. Nikolaev S.V. SPKD – system of construction of housing for future generations. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2013. No. 1, pp. 7–15. (In Russian).
5. Tikhomirov B.I., Kites A.N., Shakirov R.A. Universal system of large-panel housing construction with multiple plannings of apartments and their various combinations in a basic design of block section. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 4, pp. 13–20. (In Russian).
6. Sychev S.A. Modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov uskorenogo montazha zdanii iz modul'nykh sistem. *Montazhnye i special'nye raboty v stroitel'stve*. 2015. No. 11, pp. 18–25. (In Russian).
7. Sychev S.A. System analysis technology of high-speed construction in Russia and abroad. *Perspektivy nauki*. 2015. No. 9, pp. 45–53. (In Russian).
8. Viscomi B.V., Michalerya W.D., Lu L.W. Automated construction in the ATLSS integrated building systems. *Automation in construction*. 1994. No. 3, pp. 35–43.
9. Fudge J., Brown S. Prefabricated modular concrete construction. *Building engineer*. 2011. No. 86(6), pp. 20–21.
10. Knaack U., Chung-Klatte Sh., Hasselbach R. Prefabricated systems: Principles of construction. De Gruyter. 2012. 67 p.

УДК 614.878:69

Т.П. ЯКОВЛЕВА¹, д-р мед. наук (yakoff.t@yandex.ru),
М.А. КАЛИТИНА¹, канд. техн. наук (mkalitina@bk.ru),
Э.А. НОВОХАТСКАЯ¹, канд. мед. наук (villion@bk.ru);
Г.И. ТИХОНОВА², д-р биол. наук (gtikhonova@ya.ru)

¹ Российский государственный социальный университет (129226, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1)

² Научно-исследовательский институт медицины труда (105275, г. Москва, просп. Буденного, 31)

Оценка канцерогенного риска при воздействии химического фактора в строительстве

Рассматривается влияние химического фактора на работающих в строительной отрасли. Приводятся расчеты индивидуального канцерогенного риска для работников с различным стажем работы, с учетом использования ими средств индивидуальной защиты (СИЗ). Показано, что СИЗ снижают канцерогенный риск, но не обеспечивают достаточной защиты работника в условиях воздействия органических растворителей.

Ключевые слова: условия труда, индивидуальный канцерогенный риск, химические вещества, органические растворители.

T.P. YAKOVLEVA¹, Doctor of Sciences (Medicine) (yakoff.t@yandex.ru), M.A. KALITINA¹, Candidate of Sciences (Engineering) (mkalitina@bk.ru),
E.A. NOVOKHATSKAYA¹, Candidate of Sciences (Medicine) (villion@bk.ru)
G.N. TIKHONOVA², Doctor of Sciences (Biology) (gtikhonova@ya.ru)

¹ Russian State Social University (4, structure 1, Vilgelma Pika Street, 129226, Moscow, Russian Federation)

² Research Institute of Occupational Health (31, Budennogo Avenue, 105275, Moscow, Russian Federation)

Assessment of Carcinogenic Risk under Impact of Chemical Factor in Construction

The article considers the impact of chemical factor on workers in the construction industry. Calculations of the individual carcinogenic risk for employees with different length of employment with due regard for using individual protection means (IPM) by them are presented. It is shown that IPM reduce the carcinogenic risk but don't provide sufficient protection of the worker under the impact of organic solvents.

Keywords: labor conditions, individual carcinogenic risk, chemical substances, organic solvents.

Строительство всегда являлось одним из ведущих видов экономической деятельности. Даже в условиях кризисной ситуации в стране численность лиц, занятых в строительстве, продолжает оставаться достаточно высокой и составляет 8,4% работников от общего числа занятых в экономике. (Российский статистический ежегодник: Стат. сб. М.: Росстат, 2015. Табл. 5.5.)

Строительная отрасль является источником комплекса неблагоприятных производственных факторов [1–13], которому подвергаются работники наиболее распространенных строительных специальностей [1–2]. Строительство характеризуется не только повышенной опасностью для непосредственных исполнителей рабочих операций, но и воздействием вредных факторов производственной среды, создающих условия для формирования профессиональных, профессионально обусловленных заболеваний, а также ряда заболеваний в отдаленном периоде жизни. В широком спектре заболеваний, возникающих в отдаленном периоде, находятся и злокачественные новообразования [3–5]. Поэтому проблема безопасности и охраны труда в строительстве остается актуальной и социально значимой, так как ее решение затрагивает непосредственные интересы каждого из 5,7 млн работающих в отрасли.

По данным Росстата, в 2014 г. удельный вес численности работников в строительстве, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составил 35,6% (рис. 1).

Маркером неблагоприятной (или благоприятной) ситуации на рабочих местах является рост (или снижение) профессиональной заболеваемости, несмотря на то что профессиональные заболевания регистрируются относительно редко (рис. 2). Это объясняется тем, что случаи профессиональных заболеваний, как правило, появляются при продолжительном и интенсивном воздействии вредных производственных факторов, а одновременно с этим процессом формируются неспецифические заболевания, которые не относятся к профессиональным, но существенно снижают уровень здоровья работников [6–8]. Это профессионально

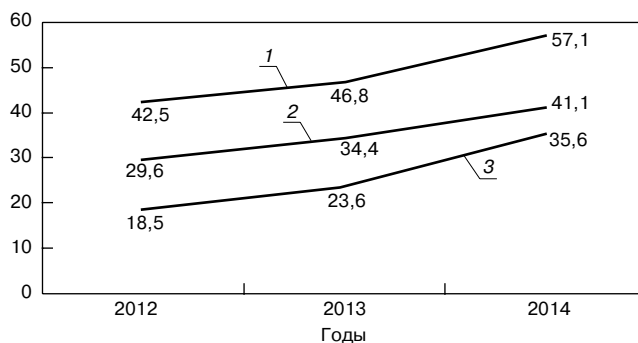


Рис. 1. Удельный вес численности работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда в отдельных видах экономической деятельности: 1 – добыча полезных ископаемых; 2 – обрабатывающие производства; 3 – строительство

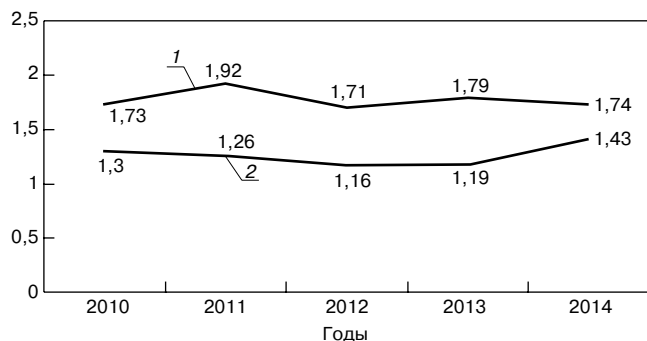


Рис. 2. Профессиональная заболеваемость (на 10 тыс. работающих) в Российской Федерации и строительстве: 1 – Российская Федерация; 2 – строительство

обусловленные заболевания – группа болезней, полиэтиологических по своей природе, в возникновение которых производственные факторы вносят определенный вклад.

Как видно из рис. 2, уровни профессиональной заболеваемости в Российской Федерации, в том числе и в строительстве (2010–2014 гг.), не снижались и, более того, имели тенденцию к росту, что вполне согласуется с данными об увеличивающейся доле работников строительства, занятых во вредных условиях труда (рис. 1). Можно предположить, что и частота профессионально обусловленных заболеваний не имела тенденции к снижению.

Строительные рабочие подвержены таким производственным факторам, как повышенные уровни шума и вибрации; запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; неблагоприятные микроклиматические условия; химические факторы; тяжесть и напряженность трудового процесса. Исследования, проведенные в Европе, показывают, что в настоящее время около 16% строительных рабочих подвергаются воздействию вредных химических веществ половину рабочего времени – это больше, чем в любом другом секторе экономики [6].

Вредные химические вещества содержат продукты горения, образующиеся при проведении электро- и газосварки; выхлопные газы автотранспорта; горючесмазочные материалы; краски; смолы; клеи и др. Современное строительство характеризуется широким использованием различных химических добавок, применяемых для улучшения эксплуатационных характеристик материалов [9], которые также оказывают негативное воздействие на здоровье работающих. Опасным химическим фактором строительного производства является воздействие агрессивных и ядовитых химических веществ, например химические ожоги сильными кислотами, едкими щелочами и ядовитыми химическими веществами (хлор, аммиак и т. д.) при попадании на кожу или в легкие при вдыхании [1].

Цель настоящего исследования – оценка индивидуального канцерогенного риска при воздействии химического фактора на рабочем месте маляров.

Объектом исследования являлись две строительные организации, в штатном расписании которых числилось 79 и 31 человек, занятых на строительном-монтажном, столярном, сварочном участках, также на внутренней отделке помещений (арматурщики, бетонщики, каменщики, маляры-штукатуры, плотники, стропальщики, слесари, электрогазосварщики, крановщики, экскаваторщик, электрики). В возрастном составе работников более половины – лица до 40 лет (рис. 3).

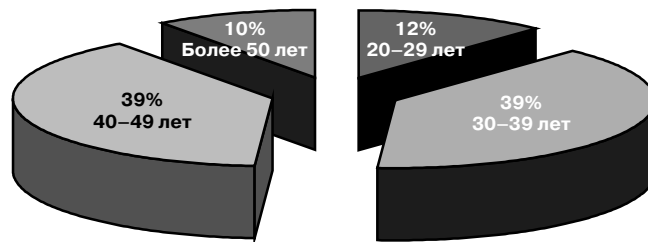


Рис. 3. Состав работников строительных организаций по возрасту

Методы. Традиционно в строительстве работает большое количество временных сезонных работников, а также мигрантов из стран с низким уровнем заработной платы, принятых на работу краткосрочно, в ряде случаев без оформления трудового договора. Значительная часть работников – мигранты из Армении, Украины, Молдавии, Таджикистана и ряда регионов России. Это исключает возможность применения классических эпидемиологических методов исследования, позволяющих получить достоверные результаты с выявлением причинно-следственных связей между факторами производства и здоровьем работников.

При воздействии химического фактора, учитывая сложившуюся ситуацию, возможно использование иного методического подхода, в основе которого лежит расчет индивидуального канцерогенного риска с использованием данных о значениях факторов канцерогенного потенциала воздействующих веществ и величине экспозиции [10–13].

Оценка условий труда была дана на основе собственных исследований и информации об условиях труда строителей.

Канцерогенный риск – вероятность развития злокачественных новообразований на протяжении всей жизни человека (для работников с учетом стажа работы), обусловленная воздействием потенциального канцерогена. Оценка канцерогенного риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, проводилась в соответствии с Руководством по оценке риска (Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Руководство. Р 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава РФ. 2004).

Основной параметр для оценки канцерогенного риска воздействия канцерогенного агента с беспороговым механизмом действия – фактор канцерогенного потенциала (SF), характеризующий степень нарастания канцерогенного риска с увеличением воздействующей дозы на одну единицу. Фактор наклона имеет размерность – $мг/(кг \times день)^{-1}$. Этот показатель отражает верхнюю, консервативную оценку канцерогенного риска за ожидаемую продолжительность жизни человека (70 лет). Значения SF устанавливаются отдельно для ингаляционного (SF_i) и перорального (SF_o) поступления химических канцерогенов. Канцерогенный потенциал – мера дополнительного индивидуального канцерогенного риска или степень увеличения вероятности развития рака при воздействии канцерогена.

В соответствии с Руководством по оценке риска на первом этапе были идентифицированы химические вещества, присутствующие в воздухе рабочей зоны, среди них выделены канцерогенные.

На втором этапе рассчитывалась средняя суточная доза поступления химического вещества в организм $LADD$ – $мг/(кг \times день)$.

Стандартное уравнение для расчета $LADD$ имеет следующий вид:

$$LADD = C \cdot CR \cdot ED \cdot EF / (BW \cdot AT \cdot 365),$$

где $LADD$ – среднесуточная доза или поступление (I), мг/(кг×день); C – концентрация вещества в загрязненной среде, мг/м³; CR – скорость поступления воздействию среды (воздуха), м³/смена; ED – продолжительность воздействия (стаж работы), лет; EF – частота воздействия, смен или рабочих дней/год; BW – масса тела человека, кг; AT – период усреднения экспозиции, средняя продолжительность жизни (для канцерогенов $AT = 70$ лет); 365 – число дней в году.

Учитывая, что химический фактор на работников воздействует в течение различного времени (т. е. различного стажа работы), величины индивидуальных канцерогенных пожизненных рисков для них будут разными.

С целью выяснения профессии, общего стажа в профессии, стажа работы в данной организации на объектах исследования было проведено анкетирование работающих. В исследование были включены только мужчины.

Как показали результаты опроса работников, период работы в современной строительной организации в настоящее время непродолжителен и, как правило, измеряется несколькими месяцами. Так, в обследуемых организациях 47% работников трудились менее одного года, а остальные не более двух лет. Однако, как правило, работающие не уходят из строительной сферы, а продолжают трудиться, меняя лишь одну строительную организацию на другую. В результате стаж работы в строительной профессии многих работников составлял 6–9 лет, иногда и более.

Условия труда маляров характеризуются как вредные второй степени, где ведущим является химический фактор. Кроме того, на маляров воздействует неблагоприятный микроклимат на фоне тяжелого физического труда, что усугубляет влияние химического компонента, содержащегося в воздухе рабочей зоны.

Выбор примененных гигиенических методов исследования определялся комплексом химических, физических факторов и факторов трудового процесса, воздействующих на маляров в процессе производственной деятельности.

Хронометражные наблюдения показали, что трудовой процесс маляров состоит из подготовительно-заключительных и основных операций. Подготовительно-заключительные операции повторяются практически ежедневно, а основные операции различаются. Маляры в течение смены могут выполнять шпаклевание поверхностей, окраску, побелку или поклейку обоев. При выполнении шпаклевочных работ маляры заняты в среднем непосредственно шпаклеванием 68,2%, зачисткой и шлифовкой поверхности, связанной с пылевыделением – 8,1%, подготовительными операциями с перемещением тяжестей – 13,3% рабочего времени. Производственная загрузка при этом виде работ максимальная и составляет в среднем 94% рабочего времени.

При выполнении окрасочных работ маляры заняты в среднем непосредственно окраской около 55% сменного времени. Непосредственный контакт с красками и растворителями при выполнении окрасочных работ у маляров составляет в среднем 57,3% сменного времени (операции окраски и подготовки краски). На зачистку и шлифовку

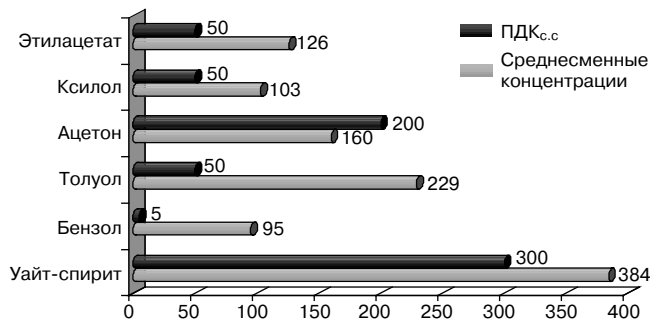


Рис. 4. Среднесменные концентрации органических растворителей в воздухе рабочей зоны маляров

окрашиваемых поверхностей (операции, связанные с пылевыделением) нередко затрачивается около 15% рабочего времени. Производственная занятость при проведении окрасочных работ в среднем составляет 79,3%.

При работе с материалами (лаки, сополимерные краски, грунты, эмали различных марок отечественного и импортного производства) в воздух рабочих помещений возможно поступление сложной смеси химических веществ, которые обладают токсическим действием на организм.

Среди идентифицированных растворителей были: бензол, ацетон (пропан-2-он), толуол (метилбензол), ксилол (диметилбензол), этилацетат (этиловый эфир уксусной кислоты), уайт-спирит и некоторые неидентифицированные соединения. Среднесменные концентрации органических растворителей в воздухе рабочей зоны маляров представлены на рис. 4.

Измерение максимально-разовых и среднесменных концентраций растворителей показало, что их содержание в воздухе рабочей зоны маляров для большинства веществ превышало предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. (Гигиенические нормативы. ГН 2.2.5.1313-03. М., 2003.) К этому следует добавить, что большинство из этих веществ может проникать через кожу. Однако при проведении данного исследования не определялось, какое количество органических растворителей попадает в организм через кожу. Следовательно, реальное поступление вредных веществ в организм выше расчетного.

Уровни концентрации органических растворителей в воздухе рабочей зоны во время окрасочных работ варьируются в зависимости от способа окраски, объема окрашиваемых помещений и температуры окружающей среды. Так, при окраске рабочих поверхностей валиком максимально-разовые концентрации толуола составляли 80–140 мг/м³, при окраске кистью – 200–230 мг/м³, а при окраске с помощью пистолета-распылителя достигали 280 мг/м³ и выше. Наиболее высокие концентрации указанных растворителей отмечались в теплое время года, а также при окраске по

Таблица 1
Фактор канцерогенного потенциала бензола, мг/(кг×сут)¹

Вещество	МАИР	EPA	SF ₁
Бензол	1	A	0,027

Примечание. МАИР – классификация Международного агентства по изучению рака; EPA – классификация степени доказанности канцерогенности для человека U.S. EPA; SF₁ – фактор канцерогенного потенциала для ингаляционного пути поступления, мг/(кг×сут)⁻¹; A – достаточные доказательства канцерогенности для человека.

Таблица 2
Индивидуальный канцерогенный риск
при контакте с бензолом в строительстве

Стаж работы	При использовании респиратора со степенью защиты 4 ПДК	При использовании респиратора со степенью защиты 12 ПДК
0,5 лет	$9 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$
2 года	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$

верхностей в небольших и замкнутых помещениях (туалетах, маленьких комнатах, подвалах, колодцах и т. п.).

Среди перечисленных веществ к группе веществ с доказанной канцерогенностью относится бензол (табл. 1). Для расчета индивидуального канцерогенного риска были взяты: величина концентрации бензола в воздухе рабочей зоны, уровень фактора канцерогенного потенциала бензола с учетом его ингаляционного поступления (SFi) и с учетом использования работником СИЗ с различной степенью защиты (4 ПДК, 12 ПДК).

Наличие респиратора или защитной маски, а в некоторых случаях и полного костюма при малярных работах является обязательным требованием охраны труда, без которого производить окрашивание нельзя.

Расчет канцерогенного риска проведен с учетом восьмичасовой рабочей смены, количество которых в течение года – 50 (количество смен, при которых использовались вещества, содержащие бензол).

Результаты. Полученные результаты показали, что при наличии в воздухе рабочей зоны бензола в концентрации 95 мг/м³, использовании СИЗ с эффективностью 4 ПДК

уровень предельного профессионального канцерогенного риска (10^{-3}) достигается при незначительном стаже работы (0,5 лет). При более продолжительном стаже работы (2 года) СИЗ с эффективностью 4 ПДК, 12 ПДК не обеспечивали величины предельного профессионального риска при наличии указанных концентраций бензола в воздухе рабочей зоны (табл. 2).

Средняя суточная доза поступления бензола была рассчитана исходя из следующих параметров: *C* – концентрация вещества в загрязненной среде, 95 мг/м³; *CR* – скорость поступления воздуха, 7 м³/смена; *ED* – продолжительность воздействия (стаж работы), 0,5 и 2 года; *EF* – частота воздействия, смен или рабочих дней/год, 50; *BW* – масса тела человека, 70 кг; *AT* – период усреднения экспозиции (средняя продолжительность жизни), 70 лет; 365 – число дней в году.

Вывод.

Уровень приемлемого риска, принятого Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) для производственной среды (10^{-3}), у работников (маляры), в воздухе рабочей зоны которых содержится бензол (95 мг/м³), при условии использования средств индивидуальной защиты со степенью защиты 12 ПДК может быть достигнут только за счет сокращения стажа работы (до двух лет). При высоких концентрациях органических растворителей в воздухе рабочей зоны и использовании респираторов со степенью защиты 4 ПДК, стаж работы не должен превышать 0,5 года.

Список литературы

- Кузнецова Н.С., Масюкова Л.В. Основные опасные и вредные производственные факторы при оценке профессиональных рисков в строительной деятельности // *Интернет-вестник ВолгГАСУ*. 2010. Вып. 3 (13). <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=479> (дата обращения 02.04.2016)].
- Цховребов Э.С., Величко Е.Г. Вопросы охраны окружающей среды при обращении строительных материалов // *Строительные материалы*. 2014. № 5. С. 99–103.
- Ильницкий А.П., Степанов С.А., Пилищенко В.А. Профессионально обусловленная онкологическая заболеваемость в Российской Федерации: анализ проблемы на примере 5-летия 2003–2007 гг. // *Первичная профилактика рака*. 2008. № 1–2 (7–8). С. 17–21.
- Серебряков П.В. Особенности экспертизы профессионального канцерогенного риска // *Гигиена и санитария*. 2015. № 2. С. 69–72.
- Федотова И.В., Черникова Е.Ф., Кузнецова Л.В., Ипполитова В.П., Петрова И.А. Оценка канцерогенного риска в группе автоинспекторов // *Гигиена и санитария*. 2011. № 3. С. 30–33.
- Волошин И.А. Профзаболеваемость в строительной отрасли: факты и статистика // *Справочник специалиста по охране труда*. 2012. № 10. С. 36–43.
- Капцов В.А., Панкова В.Б., Вильк М.Ф. Оценка профессионального риска у работников транспорта // *Гигиена и санитария*. 2011. № 1. С. 54–57.
- Костенко Н.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость в некоторых видах экономической де-

References

- Kuznetsova N.S., Masyukova L.V. The major dangerous and harmful production factors at an assessment of professional risks in construction activity. *Internet-vestnik VolgGASU*. 2010. Iss. 3 (13). <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=479> (date of access 02.04.2016). (In Russian).
- Tshovrebov E.S., Velichko E.G. Environmental Protection and Health of the Person in the Process of the Circulation of Building Materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 5, pp. 99–103. (In Russian).
- Il'nitskiy A.P., Stepanov S.A., Pilishenko V.A. Occupational cancer in the Russian Federation: analysis of problem (2003–2007). *Pervichnaya profilaktika raka*. 2008. No. 1–2, pp. 17–21. (In Russian).
- Serebryakov P.V. Occupational cancer risk. Aspects. *Expertises. Gigena i sanitariya*. 2015. No. 2, pp. 69–72. (In Russian).
- Fedotova I.V., Chernikova E.F., Kuznetsova L.V., Ippolitova V.P., Petrova I.A. Cancer risk assessment in a group of traffic officers. *Gigena i sanitariya*. 2011. No. 3, pp. 30–33. (In Russian).
- Voloshin I.A. Professional incidence in construction branch: facts and statistics. *Spravochnik spetsialista po okhrane truda*. 2012. No. 10, pp. 36–43. (In Russian).
- Kaptsov V.A., Pankova V.B., Vil'k M.F. Assessment of occupational risk in transport workers. *Gigena i sanitariya*. 2011. No. 1, pp. 54–57. (In Russian).
- Kostenko N.A. Working conditions and occupational morbidity in some branches of economic activity of Russian

- тельности Российской Федерации в 2004–2013 г. // *Медицина труда и промышленная экология*. 2015. № 4. С. 43–45.
9. Калитина М.А., Казьмина А.В., Арсланбекова Ф.Ф. Комплексные поликомпонентные добавки для бетона // *Жилищное строительство*. 2015. № 3. С. 23–25.
 10. Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Ярушин С.В., Диконская О.В., Никонов Б.И., Малых О.Л., Кочнева Н.И., Дерстуганова Т.М. Методические подходы к обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия на основе методологии управления риском для здоровья населения // *Гигиена и санитария*. 2015. № 2. С. 82–88.
 11. Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Воробьева Л.М., Горяев Д.В., Тихонова И.В., Куркатов С.В. Сравнительная оценка канцерогенных рисков здоровью населения при многосредовом воздействии химических веществ // *Гигиена и санитария*. 2015. № 2. С. 88–93.
 12. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: НИИ ЭЧ и ГОС. 2002. 408 с.
 13. Чуенкова Г.А., Карелин А.О., Аскарров Р.А., Аскарова З.Ф. Оценка риска здоровью населения города Уфы, обусловленного атмосферными загрязнениями // *Гигиена и санитария*. 2015. № 3. С. 24–29.
- Federation in 2004–2013. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015. No. 4, pp. 43–45. (In Russian).
 9. Kalitina M.A., Kazmina A.V., Arslanbekova F.F. Influence of Complex Multicomponent Additives on Properties of a Cement Stone and Concrete. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 3, pp. 23–26. (In Russian).
 10. Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Yarushin S.V., Dikonskaya O.V., Nikonov B.I., Malykh O.L., Kochneva N.I., Derstuganova T.M. Methodological approaches to the assurance of sanitary-epidemiological welfare on the base of the methodology of population's health risk management. *Gigiena i sanitariya*. 2015. No. 2, pp. 82–88. (In Russian).
 11. Novikov S.M., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsyn V.A., Vorobiova L.M., Goryaev D.V., Tikhonova I.V., Kurkatov S.V. Comparative assessment of the multimedia cancer health risks caused by contamination of the Krasnoyarsk krai regions' environment. *Gigiena i sanitariya*. 2015. No. 2, pp. 88–93. (In Russian).
 12. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rahmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtuyeva K.A. Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu [Risk assessment bases for health of the population at influence of the chemicals polluting environment]. Moscow: NII ECh i GOS. 2002. 408 p.
 13. Chuenkova G.A., Karelin A.O., Askarov R.A., Askarova Z.F. Evaluation of the air pollution health risk for the population of the city of Ufa. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 3, pp. 24–29. (In Russian).



МИНСТРОЙ
РОССИИ



ROSENFELD
ENERGY
EFFICIENCY
FUND

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ
ФОНД ПОДДЕРЖКИ И РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ А. РОЗЕНФЕЛЬДА

5–8 июля 2016 года состоится Международная научная конференция VI Академические чтения, посвященные памяти академика РААСН Г.Л. Осипова

**«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ.
ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»**

Тематика конференции:

- Энергосбережение в строительстве
 - Строительная теплофизика
- Строительная и архитектурная акустика
 - Строительная светотехника
 - Экология в строительстве
- Долговечность и прочность строительных конструкций зданий и сооружений
 - Проблемы технического регулирования
- Ремонт и эксплуатация объектов коммунального хозяйства
 - Высотное строительство
 - Научная школа для молодежи

В рамках конференции будет проводиться КОНКУРС, на котором молодые ученые, аспиранты и студенты смогут представить свои проекты и разработки:

1. На лучший дипломный проект, включающий раздел «Строительная физика»;
2. На лучшую работу по направлению «Строительная и архитектурная акустика»;
3. На лучший доклад в рамках научной школы для молодежи

«Строительная физика, энергосбережение и экологическая безопасность». Победителям присуждается премия имени академика РААСН Г.Л. Осипова.

4. На лучшее решение задачи в области энергоэффективности и энергосбережения. Победителям вручается медаль и премия имени лауреата международной энергетической премии «Глобальная энергия» 2011 г. – Артура Розенфельда.

5. На самое оригинальное и талантливое решение акустической задачи. Призы от Генерального спонсора конференции – компании «Brüel & Kjær» (Дания).

6. За оригинальный подход к решению задачи энергосбережения в зданиях. Призы от Генерального спонсора конференции – компании «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус».

7. Специальный приз Ассоциации производителей керамических стеновых материалов.

8. За значительный вклад в развитие строительной физики ведущим ученым и специалистам вручается Золотая медаль имени академика РААСН Осипова Г.Л. и памятный знак.

Для участия в конференции необходимо в срок до 1 июня 2016 г. отправить ЗАЯВКУ на участие по адресу: org.com@list.ru или факсу +7(495) 482-40-60.

БОЛЕЕ ПОДРОБНУЮ ИНФОРМАЦИЮ О КОНФЕРЕНЦИИ И ФОРМУ ЗАЯВКИ МОЖНО ПОСМОТРЕТЬ НА САЙТЕ niisf.ru

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Тел.: +7 (499) 488-70-05 Факс: +7 (495) 482-40-60 E-mail: org.com@list.ru Сайт: www.niisf.ru
Адрес: 127238, Москва, Локомотивный проезд, д.21, Светотехнический корпус, НИИСФ РААСН

УДК 69.007

А.В. МАСЛЯЕВ, канд. техн. наук (victor3705@mail.ru)
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет
(400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1)

Критический анализ ответов на статью о непригодности федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению «Строительство»

Развитие общества в России во многом зависит и от уровня высшего образования. Поэтому все федеральные государственные стандарты высшего образования обязаны содержать требования к знаниям выпускников на уровне достижений науки. Как известно, часть выпускников высшего образования должна пополнить ряды лучших ученых России. Однако, анализ двух федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению «Строительство» 08.03.01 (уровень бакалавриата) и 08.04.01 (уровень магистратуры) в статье автора (Масляев А.В. Анализ федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению подготовки «Строительство» // Жилищное строительство. 2015. № 12. С. 21–25) показал, что в настоящее время стандарты непригодны для обучения. Статья была выслана для ознакомления в Министерство образования и науки РФ; Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой РФ); Российскую академию наук (РАН РФ). Из всех этих ведомств автором получены примерно одинаковые по содержанию ответы, в которых поясняется, что ни одно из этих ведомств не должно заниматься указанными образовательными стандартами. Несогласие с этими ответами и побудило автора вынести их на обсуждение с читателями.

Ключевые слова: стандарт образования, здания и сооружения, землетрясение, строительство.

A.V. MASLYAEV, Candidate of Sciences (Engineering) (victor3705@mail.ru)
Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering
(1, Academicheskaya Street, 400074, Volgograd, Russian Federation)

Critical Analysis of Answers to the Article About Unsuitability of Federal State Educational Standards of Higher Education in the Field of «Construction»

The development of society in Russia depends largely on the level of higher education. That's why all the federal state standards of higher education must contain requirements to knowledge of graduates at the level of science achievements. As it is known, a part of graduates of higher education should join the ranks of top scientists of Russia. But the analysis of two federal state educational standards of higher education in the field of "Construction" 08.03.01 (Bachelor level) and 08.04.01 (Master level) in the article "Analysis of Federal State Educational Standards of Higher Education in the Field of Training "Construction" by A.V. Maslyayev (Housing Construction, 2015, № 12, pp. 21–25) shows that at present standards unfit for training. The article has been sent for review to the RF Ministry of Education and Science, the RF Ministry of Construction Industry, Housing and Utilities Sector (Minstroy RF), the Russian Academy of Sciences (RAS RF). The author received the answers of approximately the same content from these authorities in which it is explained that none of these establishments must be engaged in specified educational standards. Disagreement with these responses prompted the author to bring them for discussion with readers.

Keywords: educational standard, buildings and structures, earthquake, construction.

В выводах [1] приводится шесть основных недостатков федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению подготовки «Строительство», которые делают их непригодными для использования в обучении студентов. Рассмотрим некоторые из этих недостатков, чтобы по их содержанию можно было оценить ответы, полученные автором из Министерства образования и науки РФ; Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой РФ); Российской академии наук (РАН РФ), куда была отправлена статья [1].

Всем известно, что главной задачей для специалистов, производящих застройку на территориях России, на которых федеральными документами определена вероятность воздействия какого-либо опасного природного яв-

ления, является возведение зданий, обеспечивающих защиту жизни и здоровья людей. Именно поэтому в п. 1 ст. 1 Федерального закона № 384-ФЗ указана основная цель для зданий и сооружений – защита жизни и здоровья граждан. Так, например, примерно в 1960-х гг. ученые-медики установили, что люди в сейсмостойких зданиях при сильных землетрясениях получают психическую травму, в результате которой они теряют здоровье на длительное время. В [2] выявлено, что потери здоровья людей зависят не только от интенсивности сейсмического воздействия, но и от объемно-планировочных и конструктивных решений зданий. О том, что люди в зданиях при сильных землетрясениях паникуют, свидетельствуют и положения нормативной сейсмической шкалы MSK-64 (которая утверждена также в 1960-х гг.), что также служит своеобразным подтверждением получения

людьми психической травмы (согласно медицинским справочникам, если люди паникуют независимо от причины, это означает, что они получают психическую травму).

На сегодняшний день такие специалисты как медики и сейсмологи, примерно одновременно признали, что люди при сильных землетрясениях получают психическую травму. Так как защита жизни и здоровья людей предусмотрена ст. 2 и 41 Конституции РФ, в бездеятельность исполнительной власти по этому вопросу при утверждении федеральных законов и нормативных документов РФ в строительной области уже давно должна была вмешаться Генеральная прокуратура РФ. Учитывая важность работы по прогнозированию вероятных потерь здоровья населения России при землетрясениях в зависимости от интенсивности сейсмического воздействия, объемно-планировочных и конструктивных решений сейсмостойких зданий, заведующий сейсмолабораторией ВолгГАСУ в конце октября 2012 г. направил письмо директору Департамента гражданской защиты МЧС России С.Л. Диденко с предложением предоставить метод расчета потерь здоровья людей в разных типах зданий. Однако, ответа так и не поступило.

В 2013 г. также было отправлено письмо с аналогичным предложением в адрес начальника военного научного комитета Минобороны России. Ответа также не последовало. Как видим, на сегодняшний день вышеуказанное требование Федерального закона № 384-ФЗ о защите жизни и здоровья граждан в зданиях при землетрясении игнорируется. В [3, 4] обосновывается, что федеральные документы № 384-ФЗ, 190-ФЗ и нормативные СП 42.13330.2011, СП 14.13330.2014 не защищают жизнь и здоровье людей в зданиях при землетрясении. Именно поэтому в выводах [1] говорится, что по причине отсутствия в федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению «Строительство» 08.03.01 (бакалавриат) и 08.04.01 (магистратура) требования Федерального закона № 384-ФЗ по защите жизни и здоровья граждан в зданиях при воздействиях опасных природных явлений они автоматически теряют свою юридическую легитимность. Это можно признать и одной из причин пожаров, затоплений, разрушений при землетрясениях на территории РФ.

Все же самой значительной недоработкой федеральных законов № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» и нормативных документов РФ СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», СП 14.13330.2014 является отсутствие в них признания населенных пунктов России объектами капитального строительства со всеми отрицательными условиями возведения большей части зданий в сейсмоопасных районах. Поэтому на сегодняшний день в России сложилась весьма парадоксальная ситуация: самые крупные федеральные объекты – населенные пункты – не защищены от воздействия опасных природных явлений.

Как известно, большая часть зданий и сооружений в России располагается на территориях населенных пунктов. Своим расположением здания и сооружения превращаются в структурные элементы капитальной застройки населенных пунктов. Поэтому прежде чем приступать к решению задачи по защите отдельных зданий и сооружений при воздействиях опасных природных явлений, что, к сожалению,

только и предусмотрено в вышеуказанных федеральных законах и нормативных документах РФ, вначале необходимо решить более серьезную строительную задачу по защите населенного пункта.

В [3–5] обосновывается длительность жизненного цикла населенного пункта в одну тысячу лет. Перечень основных (ответственных) зданий и сооружений на территории населенного пункта должна определять рабочая группа из лучших региональных специалистов, при сейсмозащите населенного пункта следует использовать сейсмическую опасность по карте В. Поэтому в п. 6 выводов [1] записано: «...необходимо дополнить умением выпускниками проводить расчетные обоснования защиты населенных пунктов России, а следовательно, жизни и здоровья граждан в зданиях при воздействии опасных природных явлений».

К недостаткам федеральных образовательных стандартов высшего образования относится также отсутствие в них единого математического правила по распределению классных учебных часов между кафедрами, которые, как известно, значительно влияют на уровень знаний студентов. Эти образовательные стандарты дали учебным заведениям полную свободу в своей деятельности. В [1] на примере учебного плана Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета по специальности «Промышленное и гражданское строительство» показано, что это может приводить к занижению учебных часов для отдельных кафедр. Так, например, кафедре «Архитектура, здания и сооружения», которая студентам дает профессиональные знания, выделено 180 ч, а кафедре математики 300 ч. Комментарии, как говорится, в таких случаях излишни.

Проанализируем ответы ведомств, отвечающих за качество проведения строительных работ в РФ.

От Министерства строительства и ЖКХ РФ. Это министерство должно быть заинтересовано в качестве стандарта образования. Однако ответ за подписью директора Департамента градостроительной деятельности и архитектуры А.В. Белюченко от 28.01.2016 г. за № 3059-ОГ/08 свидетельствует об обратном: «...Минстрой России в целях разрешения сложившейся ситуации рекомендует обратиться с соответствующими предложениями в Минобрнауки России».

От Министерства образования и науки Российской Федерации. Именно это министерство утвердило указанный стандарт образования. В ответе, полученном от Министерства образования и науки РФ, поясняется, что приводимые в [1] примеры распределения классных учебных часов в Волгоградском государственном архитектурно-строительном университете соответствуют положению ч. 3 ст. 11 Федерального закона № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». В отношении новых предложений для образовательных стандартов министерство вежливо предлагает: «...просим направить их разработчику». Ответ от Министерства образования и науки РФ подписал заместитель Департамента государственной политики в сфере высшего образования С.А. Пилипенко от 16.02.2016 г. за № 05-ПГ-МОН-695.

От РАН РФ. Так как Российская академия наук может получать пополнение только из рядов специалистов, получивших высшее образование, она должна быть заинтересована в высоком качестве образования в России. Примерно так думал автор, когда статью [1] посылал для ознакомления

в Российскую академию наук. Получен следующий ответ за подписью вице-президента РАН, академика РАН В.В. Козлова от 27.01.2016 за № 4-М-21-1851: «Вопросы, касающиеся утверждения федеральных образовательных стандартов высшего образования, находятся в компетенции Министерства образования и науки Российской Федерации». Исходя из анализа всех ответов следует, что ответственность за утверждение образовательных стандартов находится в компетенции Министерства образования и науки РФ.

Выводы.

Минстрой РФ и РАН не интересуются уровнем подготовки специалистов с высшим образованием.

Список литературы

1. Масляев А.В. Анализ федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению подготовки «Строительство» // *Жилищное строительство*. 2015. № 12. С. 21–25.
2. Масляев А.В. Сохранение здоровья людей, находящихся в зданиях при землетрясении // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений*. 2014. № 2. С. 38–42.
3. Масляев А.В. Парадигма для федеральных законов и нормативных документов РФ по сейсмозащите зданий повышенной ответственности при землетрясении // *Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура*. 2015. Вып. 41. С. 74–84.
4. Масляев А.В. Анализ парадигмы СП 14.13330.2014 по обеспечению сейсмозащиты зданий повышенной ответственности при землетрясении // *Жилищное строительство*. 2015. № 8. С. 51–55.
5. Масляев А.В. Защита населенных пунктов России от воздействия опасных природных явлений // *Жилищное строительство*. 2014. № 4. С. 40–43.
6. Ржевский В.А. Основные причины тяжелых последствий Спитакского землетрясения 7.12.1988 г. // *Архитектура и строительство Узбекистана*. 1990. № 1. С. 13–15.
7. Уломов В.И. Землетрясение в Армении: стихия и ответственность // *Архитектура и строительство Узбекистана*. 1989. № 12. С. 1–4.
8. Рашидов Т.Р. Землетрясение Спитак 88 (предварительные результаты) // *Архитектура и строительство Узбекистана*. 1989. № 12. С. 4–7.
9. Айзенберг Я.М. Шкала сейсмической интенсивности. Анализ и предложения по улучшению // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2005. № 3. С. 34–39.
10. Назаров Ю.П., Айзенберг Я.М. Исследования ЦНИИСК по сейсмостойкости сооружений. Теория, эксперимент, практика // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2006. № 5. С. 16–20.

Министерство образования и науки РФ не признало непригодность стандартов высшего образования из-за отсутствия в них требования Федерального закона № 384-ФЗ по защите населенных пунктов, жизни и здоровья граждан в зданиях при воздействии опасных природных явлений.

Так как в федеральных законах № 384-ФЗ, 190-ФЗ и нормативных документах РФ СП 42.13330.2011, СП 14.13330.2014 отсутствуют требования по защите населенных пунктов, жизни и здоровья граждан в зданиях и сооружениях при воздействии опасных природных явлений, Генеральная прокуратура РФ обязана проверить их содержание на предмет соответствия требованиям ст. 2 и 41 Конституции Российской Федерации.

References

1. Masljaev A.V. Analysis of federal state educational standards of higher education in a direction of preparation «Building». *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2015. No. 12, pp. 21–25. (In Russian).
2. Maslyae A.V. Preservation of human health, being in buildings at Earthquake. *Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenii*. 2014. No. 2, pp. 38–42. (In Russian).
3. Maslyae A.V. Paradigma of the Federal laws and normative documents of Russian Federation for antiseismic protection of buildings of the raised responsibility at earthquake. *Vestnik VolgGASU: Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2015. No. 41 (60), pp. 74–84. (In Russian).
4. Maslyae A.V. The analysis парадигмы СП 14.13330.2014 on maintenance сейсмозащиты of buildings of the raised responsibility at earthquake. *Zhilishnoe Stroitel'stvo* [Housing construction]. 2015. No. 8, pp. 51–55. (In Russian).
5. Masljaev A.V. Protection of settlements of Russia from influence of the dangerous natural phenomena. *Zhilishnoe Stroitel'stvo [Housing construction]*. 2014. No. 4, pp. 40–43. (In Russian).
6. Rzhhevskiy VA. Main reasons for serious consequences of the Spitak earthquake of 7.12.1988. *Arkhitektura i stroitel'stvo Uzbekistana*. 1990. No. 1, pp. 13–15. (In Russian).
7. Ulomov V.I. Zemletryaseniye in Armenia: elements and responsibility. *Arkhitektura i stroitel'stvo Uzbekistana*. 1989. No. 12, pp. 1–4. (In Russian).
8. Rashidov T.R. Zemletryaseniye Spitalk 88 (preliminary results). *Arkhitektura i stroitel'stvo Uzbekistana*. 1989. No. 12, pp. 4–7. (In Russian).
9. Ayzenberg Ya.M. Two destructive earthquakes in Turkey for three mesyaets of 1999. *Seismostoiroe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii*. 2000. No. 1, pp. 54–57. (In Russian).
10. Nazarov Yu.P., Ayzenberg Ya.M. Researches TsNIISK on seismic stability of constructions. Theory, experiment, practice. *Seismostoiroe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii*. 2006. No. 5, pp. 16–20. (In Russian).

Подписка на электронную версию журнала
<http://rifsm.ru/page/5/>

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/>

XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

2016

Добыча, обработка
и использование
природного камня



ИНДУСТРИЯ
КАМНЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ИНДУСТРИЯ КАМНЯ - новое название международной выставки ЭКСПОКАМЕНЬ



Москва, ВДНХ, Павильон 75
21 – 24 июня 2016г.

Организатор
Выставочная компания ЭКСПОДИЗАЙН РА
При участии
CONFINDUSTRIA MARMOMACCHINE –
Assomarmomacchine (ИТАЛИЯ)
HUMMEL GMBH (ГЕРМАНИЯ)
Под патронатом
Торгово-промышленной палаты РФ

При поддержке
Ассоциации строителей России
Российского общества инженеров
строительства
Российского союза строителей
Союза архитекторов России
Союза дизайнеров Москвы
Союза московских архитекторов



Тел. +7 (495) 783-06-23, +7 (499) 181-41-26
www.stonefair.ru stonefair@expo-design.ru

СТРОИТЕЛЬСТВО

2016 ВЫСТАВКА-ФОРУМ

9-11 АВГУСТА

ЧЕЛЯБИНСК



1 ПЕРВОЕ
ВЫСТАВОЧНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ

ДС «Юность», Свердловский пр., 51
тел.: (351) 755-55-10, www.pvo74.ru



ACUUS 2016

15th World Conference. Saint Petersburg

12–15 сентября 2016 года
Россия | Санкт-Петербург

15-я Всемирная конференция

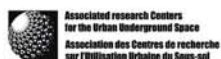
Объединения исследовательских центров подземного пространства мегаполисов

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+