



ISSN 0044-4472

12'2016

# ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

научно-технический и производственный журнал

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

издается с 1958 г.



VII Международная научно-практическая конференция  
«InterConPan: от КПД к каркасно-панельному домостроению»

# InterConPan-2017

International Conference of Large-panel Construction

4–6 апреля 2017 г. / April 4–6, 2017

Чебоксары / Cheboksary

## ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ:

- Состояние базы крупнопанельного домостроения в РФ
- Модернизация предприятий КПД
- Оборудование и технологии
- Современные бетоны, добавки и пигменты
- Архитектурно-планировочные решения
- Качество и энергоэффективность полносборных зданий
- Расчет и конструирование узлов сборных элементов
- Новые решения фасадов
- Опыт строительства крупнопанельного жилья

## ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ:

- 4 апреля** 1) пленарное заседание  
2) выездная сессия:  
ОАО «Железобетонные конструкции №1»  
Жилые комплексы (Чебоксары)
- 5 апреля** Научно-практическая конференция.  
Секции: «Архитектура и особенности проектных решений крупнопанельных зданий»;  
«Гибкая технология предприятий ДСК и КПД»
- 6 апреля** выездная сессия:  
ООО «ГАЛЕН»

Спонсор конференции:



Партнеры конференции:



К проведению конференции готовятся тематические номера журналов

«Жилищное строительство» № 3-2017 г. и «Строительные материалы»® № 3-2017 г.,

в которых будут опубликованы основные пленарные и секционные доклады. Представление докладов в виде статей до 15.02.2017 г.

## Организационный комитет:

Телефон/факс: +7 (499) 976-20-36, 976-22-08

kpd-conf@mail.ru; mail@rifsm.ru www.rifsm.ru

Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3 редакция журнала «Жилищное строительство»

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)

АКИМОВ П.А.,  
д-р техн. наук, член-корреспондент  
РААСН (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.

12'2016

**Уважаемые читатели!**  
**Не забудьте оформить подписку на 2017 год!**

#### Высотное строительство

С.В. НИКОЛАЕВ, А.А. МАГАЙ, Н.В. ДУБЫНИН, В.С. ЗЫРЯНОВ  
Перспективы развития нормативной базы высотного строительства в России . . . . . 3

Н.П. УМНЯКОВА, И.Н. БУТОВСКИЙ, А.А. ВЕРХОВСКИЙ, А.Г. ЧЕБОТАРЕВ  
Требования к теплозащите наружных ограждающих конструкций высотных зданий . . . . . 7

Пятый фасад архитектуры (*Информация*) . . . . . 12

Т.А. БЕЛАШ  
Использование сейсмоизолирующих устройств в зданиях  
с наличием подземных пространств . . . . . 14

А.А. МАГАЙ  
Моделирование функциональных структур высотных зданий . . . . . 17

#### Расчет конструкций

М.Н. ВАУЧСКИЙ  
Исследование эффекта обоймы несущих колонн . . . . . 22

#### Подземное строительство

И.Т. МИРСАЯПОВ, И.В. КОРОЛЕВА  
Прогноз длительной осадки основания высотного здания  
с использованием аналитических диаграмм деформирования грунта . . . . . 26

Н.С. СОКОЛОВ, С.Н. СОКОЛОВ, А.Н. СОКОЛОВ  
Опыт использования буроинъекционных свай ЭРТ  
при ликвидации аварийной ситуации общественного здания . . . . . 31

#### Монолитное строительство

А.В. ГРАНОВСКИЙ, А.Л. МОЧАЛОВ  
Новое конструктивное решение арматурного каркаса узловых зон  
железобетонных плит с применением листового проката . . . . . 37

#### Общие вопросы строительства

А.А. ФИЛИППОВИЧ  
Исследование степени уплотнения грунта в полевых и лабораторных условиях  
при реконструкции магистрального нефтепровода . . . . . 41

Указатель статей, опубликованных в журнале «Жилищное строительство» в 2016 г. . . . . 45

**Founder of the journal**

AO «TSNIEP zhilishcha»

Monthly scientific-technical and industrial journal

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

**Editor-in-chief**YUMASHEVA E.,  
chemical process engineer,  
Honorary Builder of Russia**Editorial Board:**NIKOLAEV S.,  
Chairman, Doctor of Sciences  
(Engineering), General Director,  
AO «TSNIEP zhilishcha» (Moscow)AKIMOV P.,  
Doctor of Sciences (Engineering),  
Corresponding member of RAACS  
(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.

# ZHILISHCHNOE STROITEL'STVO

Published since 1958

**12'2016****High-rise construction**

- S.V. NIKOLAEV, A.A. MAGAY, N.V. DUBYNIN, V.S. ZYRYANOV  
Prospects of Development of Regulation Base of High-Rise Construction in Russia . . . . . 3
- N.P. UMNIAKOVA, I.N. BUTOVSKY, A.A. VERKHOVSKY, A.G. CHEBOTAREV  
Requirements to Heat Protection of External Enclosing Structures of High-Rise Buildings . . . . . 7
- The Fifth Facade of Architecture (Information) . . . . . 12
- T.A. BELASH  
The Use of Seismic Isolating Devices in Buildings with Underground Spaces . . . . . 14
- A.A. MAGAY  
Simulation of Functional Structures of High-Rise Buildings . . . . . 17

**Structural calculations**

- M.N. VAUCHSKY  
Study of Effect of a Casing of Bearing Columns . . . . . 22

**Underground construction**

- I.T. MIRSAYAPOV, I.V. KOROLEVA  
Forecast of Long Settlement of a High-Rise Building Footing  
with the Use of Analytical Diagrams of Soils Deformation . . . . . 26
- N.S. SOKOLOV, S.N. SOKOLOV, A.N. SOKOLOV  
Experience in the Use of Bored-Injection Piles ERT When Eliminating  
Emergency Situation of a Public Building . . . . . 31

**Monolithic construction**

- A.V. GRANOVSKY, A.L. MOCHALOV  
New Structural Solution for Reinforcing Cage of Junction Zones  
of Reinforced Concrete Slabs with the Use of Sheet Products . . . . . 37

**General issues of construction**

- A.A. FILIPPOVICH  
Research in Compression Ratio of Soil in Field and Laboratory Conditions  
during Reconstruction of Main Oil Pipeline . . . . . 41
- Index of Articles Published in the Journal «Housing Construction» in 2016. . . . . 45

УДК 69.032.22

С.В. НИКОЛАЕВ, д-р техн. наук, научный руководитель (ingil@ingil.ru),  
А.А. МАГАЙ, канд. архитектуры, директор по научной деятельности,  
Н.В. ДУБЫНИН, канд. архитектуры, рук. отдела архитектуры жилых и общественных зданий,  
В.С. ЗЫРЯНОВ, д-р техн. наук, главный научный сотрудник

АО «ЦНИИЭП жилища – институт комплексного проектирования жилых и общественных зданий» (АО «ЦНИИЭП жилища»)  
(127434, Москва, Дмитровское ш., 9, стр. 3)

## Перспективы развития нормативной базы высотного строительства в России

*Рассмотрены проблемы формирования нормативно-технической базы высотного строительства и ближайшие перспективы ее развития. В ситуации, когда в рассматриваемой области полностью отсутствуют официальные нормативные документы, требования которых включены в перечень обязательных к применению или в доказательную базу, необходимую для проектирования, важным шагом стала разработка первого свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования», который станет базовым документом. При этом в его развитие планируется разработка новых документов, охватывающих специфические вопросы пожарной и комплексной безопасности, а также по другим проблемным направлениям. Это позволит повысить безопасность строящихся объектов, упростить их проектирование, во многих случаях исключив необходимость разработки специальных технических условий, и обеспечить развитие высотного строительства в целом. В настоящее время особенно актуальна конкретизация дальнейших перспектив развития нормативной базы высотного строительства, которая возможна на основе обмена опытом заинтересованных организаций, чему призвана способствовать данная публикация.*

**Ключевые слова:** высотные здания, высотные комплексы, нормативная база высотного строительства, архитектура высотных зданий, конструкции высотных зданий, проектирование высотных зданий.

S.V. NIKOLAEV, Doctor of Sciences (Engineering), Scientific Chief (ingil@ingil.ru),  
A.A. MAGAY, Candidate of Architecture, Director for research,  
N.V. DUBYNIN, Candidate of Architecture, Head of Department of Architecture of Residential and Public Buildings,  
V.S. ZYRYANOV, Doctor of Sciences (Engineering), Chief Researcher  
АО «ТСНИИЭП zhilishcha» – institute for complex design of residential and public buildings» (АО «ТСНИИЭП zhilishcha»)  
(9/3, Dmitrovskoe Highway, Moscow, 127434, Russian Federation)

### Prospects of Development of Regulation Base of High-Rise Construction in Russia

Problems of the formation of the regulation-technical base of high-rise construction and the nearest prospects of its development are considered. In the situation, when there are completely no official regulation documents, requirements of which are included in the list of required for the application or in the evidence base necessary for designing, the development of the first code of rules "High-rise buildings and complexes" which will be a basic document, was a very important step. At that, for its development it is planned to develop new documents covering specific issues of fire and complex safety, as well as other problem directions. This makes it possible to improve the safety of objects under construction, simplify their designing, excluding in many cases the need for developing special technical conditions and to provide the development of high-rise construction as a whole. At present, it is especially actual to concretize the further prospects of the development of the regulation base of high-rise construction, this is possible on the basis of experience exchange of organizations concerned and this publication aims to contribute to this.

**Keywords:** high-rise buildings, high-rise complexes, regulation base of high-rise construction, architecture of high-rise buildings, structures of high-rise buildings, design of high-rise buildings.

**Существующая ситуация в области нормативно-технического регулирования высотного строительства** уже была рассмотрена в публикациях специалистов ведущих научных институтов и организаций в данной области, в том числе АО «ЦНИИЭП жилища», АО «НИЦ Строительство» (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, НИИОСП им. Н.М. Герсевича, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева), Горпроект, НИИСФ РААСН, НП «АВОК», АНО «ВАН КБ» [1–4], еще в начале 2016 г. При этом была отмечена и обоснована актуальность и необходимость разработки нормативных документов в рассматриваемой области. С тех пор прошел почти год, в течение которого велась активная работа по разработке свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования», и теперь важ-

но оценить выполненную работу и определить ее перспективы.

В предыдущие годы уже были разработаны МГСН 4.19–05 «Многофункциональные высотные здания»; МГСН 1.04–2005 «Проектирование планировки и застройки участков территории высотных зданий-комплексов, высотных градостроительных комплексов в городе Москве»; ТСН 31-332–2006 Санкт-Петербурга «Жилые и общественные высотные здания», целый ряд стандартов организаций, МДС МРДС, РМД и другие документы [1], но простое копирование их положений в свод правил при техническом редактировании оказалось невозможным по причине быстрого развития отрасли, в связи с чем значительная часть положений устарела, а многие необходи-

мые требования отсутствовали. В частности, это показал Форум 100+, прошедший в сентябре 2015 г., где текст данных документов подвергся серьезной критике специалистов. В результате еще раз была подтверждена необходимость научной работы по учету современного опыта проектирования, пересмотра и переосмысления существующих нормативных положений, а также разработки новых требований, позволяющих решать современные проблемы высотного строительства.

Упомянутый свод правил начал разрабатываться по заказу Департамента градостроительной политики города Москвы в августе 2015 г. с выполнения масштабной научно-исследовательской работы (НИР), возглавляемой АО «ЦНИИЭП жилища», к которой были привлечены 12 соисполнителей. Следует отметить, что по ряду вопросов данной НИР предшествовали более глубокие исследования, результаты которых отражены в монографиях и других научных трудах [5–9].

Материалы указанной НИР позволили уже в конце года составить первую редакцию проекта СП. Документ прошел публичное обсуждение, завершившееся 6 апреля 2016 г., в котором приняли участие 29 проектных и научных организаций из разных городов России. При этом было получено 848 замечаний и предложений, 360 из которых были приняты, 265 отклонены, 105 приняты частично, 118 приняты к сведению.

Выполненная в результате тщательного рассмотрения полученных замечаний и предложений вторая редакция документа была представлена в Минстрой России 11 июля 2016 г. для организации и проведения экспертизы. В ходе рассмотрения свода правил экспертами на заседании Подкомитета-10 ТК 465 17.08.2016 г. получено 91 замечание, 67 из которых приняты, 12 отклонены, 7 приняты частично, 5 приняты к сведению.

Также редакция свода правил, с учетом замечаний экспертов Подкомитета-10, была рассмотрена 16.09.2016 г. на заседании межведомственной Рабочей группы по приведению в соответствие сводов правил в области строительства, утверждаемых Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, и сводов правил по пожарной безопасности, утверждаемых Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве» (ФАУ «ФЦС»), на котором дополнительно получены 188 предложений и замечаний по тексту документа. Из них 77 приняты, 47 отклонены, 30 приняты частично, 34 приняты к сведению.

Основные положения свода правил уже были рассмотрены ранее [1], поэтому остановимся только на его корректировке. Так, по результатам публичного обсуждения была выполнена существенная доработка, частичная переработка и редакционная корректировка текста. В том числе пожарные требования выделены в отдельный раздел и расширены, дополнен перечень терминов и сокращений к данному документу, выполнена редакция и конкретизация требований к планировке входных тамбуров, высоте ограждений внутренних лестниц, средствам ремонта фасадов, эксплуатируемым крышам,

конструкциям остекления. Переработан раздел «Нагрузки и воздействия», особенно в области учета ветра и сеймики. Раздел «Конструктивные решения» дополнен требованиями к инженерно-геологическим изысканиям, уточнены требования к расчетам. В разделе «Инженерные системы» уточнены и дополнены требования к автономным источникам тепла (АИТ), газопроводам, расчетным параметрам наружного воздуха, встроенным трансформаторным подстанциям, вертикальному транспорту.

По итогам экспертизы ПК-10 ТК 465 в числе многочисленных корректировок можно отметить следующие. В части общих положений и архитектурно-планировочных решений – редакционная корректировка терминов и их определений, обеспечение возможности размещения ДОУ в пристроенных к высотным зданиям объемах; уточнение требований к остеклению фасадов. В части нагрузок и воздействий – редакция требований к учету сейсмических воздействий; уточнение класса бетона конструктивных элементов, минимальной толщины перекрытий. В части тепловой защиты – назначение уровня тепловой защиты, уточнение нормируемых параметров теплопередачи светопрозрачных конструкций при сплошном остеклении.

По итогам совещания межведомственной Рабочей группы следует отметить решение вопросов по пожарной безопасности, в том числе редакцию формулировок, исключение требований частного характера, которые будут рассмотрены в отдельной части – СП по пожарной безопасности, конкретизацию требований к лифтам для пожарных подразделений, специфические требования к навесным фасадным системам. Кроме того, принято решение о возможности применения данного документа при проектировании общественных зданий выше 50 м, уточнены требования к вертолетным площадкам, газопроводам, насосным станциям и трансформаторным подстанциям, вертикальному транспорту, определена необходимость мероприятий по комплексной безопасности и антитеррористической защищенности на этапе строительства.

Учитывая даже краткое приведенное описание работы можно отметить ее углубленность и тщательную многократную проработку всех положений нового документа с учетом мнения проектировщиков и экспертов на всех стадиях разработки и согласования в полном соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2016 г. № 624 «Об утверждении правил разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил».

**Основные задачи, которые решает разрабатываемый свод правил**, – это создание исчерпывающих требований к следующим решениям высотных зданий и комплексов: архитектурно-планировочным; конструктивным; тепловой защите; научно-техническому сопровождению строительства и эксплуатации. Их выполнение при проектировании гарантированно обеспечит механическую безопасность рассматриваемых объектов в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», а также энергосбережение в соответствии с Федеральным законом от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ

«Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Таким образом, появляется возможность уйти от необходимости разработки специальных технических условий (СТУ) на механическую безопасность для проектирования высотных зданий, за исключением случаев неординарных решений и отклонения от требований настоящего свода правил, на которые авторы и заказчики идут осознанно при необходимости, продиктованной сложными условиями строительства, либо особого облика или планировочных характеристик.

В целом это значительно облегчит и ускорит процесс проектирования и строительства высотных зданий.

**Перспективы развития нормативных документов в области высотного строительства** уже частично заложены в разработанном своде правил. Так, кроме указанных выше разделов в нем определены общие требования к инженерным системам, пожарной безопасности, комплексной безопасности и антитеррористической защищенности. При этом предполагается, что в развитие данных разделов будут разрабатываться соответствующие конкретизирующие документы – новые части данного свода правил.

Так, например, уже разработан НП «АВОК» и готовится к изданию свод правил «Инженерные системы высотных зданий», который снимет необходимость разработки СТУ по инженерным системам.

В настоящее время АО «ЦНИИЭП жилища» уже поданы заявки в ФАУ «ФЦС» на разработку в 2017 г. сводов правил «Здания и комплексы высотные. Пожарная безопасность» и «Здания и комплексы высотные. Комплексная безопасность и антитеррористическая защищенность», которые будут разрабатываться при участии соответственно ВНИИПО, ВАН КБ и других известных организаций.

Данные документы также позволят уйти от разработки СТУ по соответствующим вопросам согласно Федеральным законам от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и от 06.03.2006 № 35-ФЗ «О противодействии терроризму».

В дальнейшем представляется целесообразным разработать следующие своды правил:

– «Здания и комплексы высотные. Планировка прилегающего участка»;

– «Здания и комплексы высотные. Правила эксплуатации»;

– «Здания и комплексы высотные. Технология строительства»;

– «Здания и комплексы высотные. Энергоэффективность».

Это позволит решить специфические вопросы высотного строительства, не отраженные в существующих нормативных документах, но являющиеся актуальными при проектировании высотных зданий. Заявки на включение в «План разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных сводов правил, строительных норм и правил» на 2017 г. ряда указанных выше документов уже поданы в ФАУ «ФЦС».

Следует отметить, что метод разработки нормативных документов частями уже применялся раньше, например при выпуске первых строительных норм и правил (СНиП), а также широко практикуется за рубежом при выпуске Еврокодов, где положительно себя зарекомендовал.

Результаты разработки свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования» и планы разработки дополняющих его сводов правил как следующих частей были доложены на прошедшем в октябре 2016 г. Форуме 100+, где в целом получили одобрение и были поддержаны ведущими специалистами в области высотного строительства.

Таким образом, положено начало создания комплекса нормативно-технических документов федерального значения, имеющих обязательный и статус и характер добровольного применения в соответствии с ч. 3 ст. 42 Федерального закона от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», реализуемый посредством распоряжений правительства РФ «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», а также приказов Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии «Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

#### Список литературы

1. Николаев С.В., Травуш В.И., Табунщиков Ю.А., Колубков А.Н., Соломанидин Г.Г., Магай А.А., Дубынин Н.В. Нормативная база высотного строительства в России // *Жилищное строительство*. 2016. № 1–2. С. 3–7.
2. Травуш В.И., Зенин С.А., Конин Д.В., Назаров Ю.П., Одесский П.Д., Попов Н.А., Соколов Б.С., Шулятьев О.А., Шулятьев С.О. К общественному обсуждению глав нового свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования», посвященных проектированию несущих конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2016. № 3. С. 31–37.

#### References

1. Nikolaev S.V., Travush V.I., Tabunshchikov Yu.A., Kolubkov A.N., Solomanidin G.G., Magai A.A., Dubynin N.V. The regulatory base of high-rise construction in Russia. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 1–2, pp. 3–7. (In Russian).
2. Travush V.I., Zenin S.A., Konin D.V., Nazarov Yu.P., Odesskii P.D., Popov N.A., Sokolov B.S., Shulyat'ev O.A., Shulyat'ev S.O., To public discussion of chapters of the new set of rules «Buildings and complexes high-rise. Rules of design», the bearing designs devoted constructions. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016. No. 3, pp. 31–37. (In Russian).
3. Zotkin A.V., Lyubimova O.M., Solomanidin G.G. Questions of complex safety and anti-terrorist security. *Zhilishchnoe*

3. Зоткин А.В., Любимова О.М., Соломанидин Г.Г. Вопросы комплексного обеспечения безопасности и антитеррористической защищенности // *Жилищное строительство*. 2016. № 1–2. С. 7–9.
4. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Особенности теплотехнического проектирования высотных зданий в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 «СНИП 23-02–2003 Тепловая защита зданий» // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2016. № 6 (982). С. 62–64.
5. Шулятьев О.А. Основания и фундаменты высотных зданий. М.: НИЦ «Строительство», 2016. 392 с.
6. Магай А.А. Архитектура высотных зданий мира. Новосибирск: Карт Мастер, 2008. 140 с.
7. Современное высотное строительство. М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», ОАО ЦНИИЭП жилища, 2007. 464 с.
8. Руководство по высотным зданиям. Типология и дизайн, строительство и технология / Пер. с англ. под общ. ред. С.В. Николаева. М.: ООО «Атлант-Строй», 2006. 228 с. Перевод. изд.: High-Rise Manual. Typology and Design, Construction and technology. Switzerland, Birkhauser Verlag AG, 2003. 240 p.
9. Граник Ю.Г. Строительство высотных зданий. М.: ОАО «ЦНИИЭП жилых и общественных зданий», 2010. 480 с.
10. *stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 1–2, pp. 7–9. (In Russian).
11. Umnyakova N.P., Butovskii I.N., Chebotarev A.G. Features of heattechnical design of high-rise buildings according to requirements of the set of rules 50.13330.2012 «Construction Norms and Regulations 23-02–2003 Thermal protection of buildings». *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki*. 2016. No. 6 (982), pp. 62–64. (In Russian).
12. Shulyat'ev O.A. Osnovaniya i fundamentey vysotnykh zdaniy [Bases and bases of high-rise buildings]. Moscow: NITs «Stroitel'stvo», 2016. 392 p.
13. Magai A.A. Arkhitektura vysotnykh zdaniy mira [Architecture of high-rise buildings of the world]. Novosibirsk: Kart Master, 2008. 140 p.
14. Sovremennoe vysotnoe stroitel'stvo [Modern high-rise construction]. Moscow: GUP «ITC» Moskomarkhitektury», ОАО ZNIEP zhilishcha, 2007. 464 p.
15. Rukovodstvo po vysotnym zdaniyam. Tipologiya i dizain, stroitel'stvo i tekhnologiya [High-Rise Manual. Typology and Design, Construction and technology]. Lane with English under a general edition S.V. Nikolaev. Moscow: ООО «Atlant-Stroi», 2006. 28 p. Translation of the edition: High-Rise Manual. Typology and Design, Construction and technology. Switzerland, Birkhauser Verlag AG, 2003. 240 p.
16. Granik U.G. Stroitel'stvo vysotnykh zdaniy [Construction of high-rise buildings]. Moscow: ОАО «ZNIEP zhilykh i obshchestvennykh zdaniy», 2010. 480 p.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО МЕХАНИКЕ ГРУНТОВ, ГЕОТЕХНИКЕ И ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЮ

Санкт-Петербург, СПбГАСУ

1–3 февраля 2017 г.

Анализ причин развития аварийных ситуаций при проектировании и строительстве фундаментов зданий и сооружений как научно-техническая конференция по геотехнике с зарубежным участием

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ОСНОВАНИЙ,  
ФУНДАМЕНТОВ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ:**

- Специальные полевые и лабораторные методы исследования физико-механических характеристик грунтов;
- Численное моделирование системы: «основание-фундамент-здание» в программных комплексах;
- Новые перспективные конструктивно-технологические решения при строительстве оснований, фундаментов, подземных сооружений и высотных зданий;
- Новое строительство и реконструкция зданий и сооружений в плотной городской застройке и в условиях структурно-неустойчивых грунтов;
- Геотехническое обоснование и научно-техническое сопровождение инженерных изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации оснований фундаментов, подземных и земляных сооружений;
- Геотехнический мониторинг при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений;
- Анализ причин развития аварийных ситуаций при проектировании и строительстве фундаментов зданий и сооружений.

**Контактные данные:**

Дьяконов Иван Павлович, зам. ответственного секретаря конференции, тел.: 8 (921) 348-98-29.

Чистякова Людмила Петровна, зав. лабораторией кафедры Геотехники.

Адрес секретариата: 190005, Санкт-Петербург, 3-я Красноармейская ул., д. 7, СПбГАСУ, кафедра Геотехники



УДК 699.86

Н.П. УМНЯКОВА, канд. техн. наук (n.umniakova@mail.ru), И.Н. БУТОВСКИЙ, канд. техн. наук,  
А.А. ВЕРХОВСКИЙ, канд. техн. наук, А.Г. ЧЕБОТАРЕВ, инженер  
НИИСФ РААСН (127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21)

## Требования к теплозащите наружных ограждающих конструкций высотных зданий

На состоявшемся 5–7 октября 2016 г. в Екатеринбурге Международном форуме высотного и уникального строительства «100+ FORUM RUSSIA» обсуждались проблемы проектирования высотных зданий и уникальных сооружений. На этом мероприятии НИИСФ РААСН организовал и провел два круглых стола «Строительная физика высотных и уникальных зданий» и «Особенности проектирования фасадных систем и светопрозрачных конструкций высотных и уникальных зданий». Одним из вопросов на этих мероприятиях было представление и обсуждение разделов, посвященных тепловой защите наружных ограждающих конструкций высотных зданий, изложенных в новой редакции СП «Здания и комплексы высотные. Нормы проектирования».

**Ключевые слова:** высотное здание, тепловая защита, сопротивление теплопередаче, температура, удельная характеристика расхода тепловой энергии.

N.P. UMNYAKOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (n.umniakova@mail.ru), I.N. BUTOVSKY, Candidate of Sciences (Engineering),  
A.A. VERKHOVSKY, Candidate of Sciences (Engineering), A.G. CHEBOTAREV, Engineer (lte@zavodlit.ru)  
NIISF RAACS (21, Lokomotivny Passage, 127238 Moscow, Russian Federation)

### Requirements to Heat Protection of External Enclosing Structures of High-Rise Buildings

Problems of the designing of high-rise buildings and unique structures were discussed at the International Forum for High-Rise and Special Constructions "100+FORUM RUSSIA" which took place on 5–7 October 2016 in Yekaterinburg. During this event NIISF RAACS organized and conducted two round tables "Building Physics of High-Rise and Unique Buildings" and "Features of Designing of Façade Systems and Translucent Structures of High-Rise and Unique Buildings". One of the issues at these events was a presentation and discussion of topics devoted to the heat protection of external enclosing structures of high-rise buildings outlined in the new edition of SP "High-rise Buildings and Complexes. Designing Norms".

**Keywords:** high-rise building, heat protection, resistance to heat transfer, temperature, specific characteristic of heat energy consumption.

Здания, возвышающиеся над окружающей застройкой, в России строили с давних времен. Так, весной 1472 г. в Московском Кремле началось строительство Успенского собора, который должен был быть построен по образцу Владимирского Успенского собора, но превосходить его по высоте. Через два года, весной 1474 г., когда несущие стены храма были возведены и мастера приступили к возведению сводов, северо-западная часть собора обрушилась из-за недостаточной прочности несущих стен. Одной из предполагаемых причин снижения несущей способности стен было плохое качество примененного известкового раствора слишком жидкой консистенции. При раскопках во второй половине XX в. на поверхности кладки столбов были обнаружены подтеки, что подтверждает жидкую консистенцию известкового раствора, применявшегося при каменной кладке. Это обрушение явилось одной из первых предпосылок для формирования более высоких требований к конструкциям и качеству используемых материалов для строительства высотных зданий.

Возведенный Успенский Собор, имеющий высоту 55 м, стал главным собором Московского княжества. Он возвышался над окружающей застройкой и производил грандиозное впечатление как на жителей Москвы, так и на приезжающих в нее людей.

В 1600 г. в Московском Кремле при царе Борисе Годунове была сделана надстройка колокольни Ивана Великого до

высоты 81 м, после чего она стала самым высоким зданием в России до начала XVIII в.

В 1573 г. в селе Борисово Можайского района по указу тогда еще боярина Бориса Годунова был построен Борисоглебский храм высотой 74 м, а в 1599–1600 гг. он был достроен до высоты порядка 80 м. После смерти Годунова и длительного периода запустения в 1774 г. Борисоглебская церковь обвалилась, как бы молчаливо подтверждая тот факт, что без грамотной эксплуатации здания не могут существовать.

В 1839 г. был заложен Храм Христа Спасителя, который после окончания строительства в 1883 г. имел высоту 103 м. Достаточно активным периодом строительства высотных зданий в Москве были 1950-е гг.: 13 января 1947 г. Совет министров СССР принял Постановление «О строительстве в Москве многоэтажных зданий». И в период с 1947 по 1953 г. в Москве было построено семь высотных зданий, среди которых надо отметить жилой дом на Котельнической набережной высотой 176 м, вторую по высоте «высотку» – гостиницу «Украина» – 206 м (строительство в 1953–1957 гг.) и главное здание МГУ им. М.В. Ломоносова высотой 240 м.

Однако бум высотного строительства начался в конце 1990-х – начале 2000-х гг. В период с 2000 по 2013 г. в Москве построено более 30 зданий высотой более 100 м, в число которых входят башня «С» комплекса «Башня на Набережной» высотой 268 м (2007–2010 гг.), башня МФК «Го-

род столиц» высотой 302 м (2010–2013 гг.), Меркурий Сити Тауэр высотой 338,8 м (2013–2014 гг.), комплекс «Башня «Федерация»: башня «Восток» – 374 м. При проектировании и строительстве практически всех этих высотных зданий НИИСФ РААСН принимал активное участие, проводя работы по расчетам, испытаниям наружных ограждающих конструкций в климатических камерах, научно-техническому сопровождению строительства и др. Специалисты НИИСФ РААСН принимали участие в разработке Технических заданий на проектирование для таких зданий, как башня «Федерация», Меркурий Сити Тауэр, банк «Санкт-Петербург» и др. В результате за эти годы в институте был собран и проанализирован обширный материал по высотному домостроению.

Как известно, строительство зданий высотой более 100 м невозможно без правильно сформулированных требований к строительным конструкциям, материалам, системам инженерного обеспечения [1, 2]. Из-за отсутствия нужных нормативных документов при строительстве высотных зданий разрабатывались Специальные технические условия (СТУ), причем для каждого высотного здания свои.

Только в начале 2000-х гг. при участии НИИСФ РААСН были разработаны Московские территориальные строительные нормы МГСН 4.19–2005 «Многофункциональные высотные здания и комплексы», а чуть позже – нормы Санкт-Петербурга ТСН 31-332–2006 «Жилые и общественные высотные здания». Поскольку строительство высотных зданий велось в основном в Москве и Санкт-Петербурге, указанные территориальные нормы охватывали необходимые нормативные требования, предъявляемые к высотному домостроению в этих городах.

В 2007 г. на основании накопленного опыта НИИСФ РААСН первым в практике технического регулирования в России разработал Стандарт организации СТО 94584289-002–2007 «Здания высотой свыше 150 м. Общие технические условия», в котором были сформулированы основные требования, предъявляемые к высотным зданиям, обеспечивающие их безопасность и надежность. После экспертизы документа в ТК 465 «Строительство» он был рекомендован для использования при разработке специальных технических условий на здания высотой более 150 м на территории Российской Федерации.

Постепенно строительство высотных зданий началось в других городах России: в Екатеринбурге в 2015 г. построена Башня «Исеть» высотой 209 м; в 2011 г. – высотное здание «Высоцкий» высотой 188,3 м; в 2010 г. – ЖК «Февральская революция» высотой 139,6 м; в Грозном в 2012 г. – ЖК «Феникс» высотой 145 м; в Самаре в 2014 г. – ЖК «Вилоновский» высотой 140 м; в Саратове в 2014 г. – ЖК «Елена» высотой 139,4 м и т. д.

Но, несмотря на огромный размах высотного домостроения, до настоящего времени отсутствовал нормативный документ федерального уровня, в связи с чем в 2015 г. была начата разработка нормативного документа СП «Здания и комплексы высотные. Нормы проектирования». В ходе этой работы НИИСФ РААСН разработал требования к тепловой защите высотных зданий и мероприятия по обеспечению санитарно-гигиенических и экологических требований [3].

В основу раздела «Тепловая защита высотных зданий» положены основные требования СП 50.13330.2012

«СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» [4, 5]. Назначение поэлементных требований тепловой защиты к наружным ограждениям производится в зависимости от климатических условий района строительства высотного здания, которые характеризуются градусо-сутками отопительного периода (ГСОП), °С·сут, базирующимися на значениях средней температуры наружного воздуха  $t_{от}$ , °С, и продолжительности  $z_{от}$ , сут/год, отопительного периода, принимаемыми по СП 131.13330 «Строительная климатология», и определяются по формуле  $ГСОП = (t_b - t_{от})z_{от}$ . При этом все высотные здания при назначении требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждений дифференцированы по высоте на две группы: до 150 м и более 150 м. Для каждой из групп зданий назначается свой уровень тепловой защиты наружных ограждающих конструкций<sup>1</sup>.

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию  $q_{от}^p$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С) для высотных зданий устанавливают для соответствующих высот зданий не более нормируемых  $q_{от}^{tp}$  значений, принимаемых СП 50.13330 для помещений жилых зданий гостиниц, общежитий равными 0,29 Вт/(м<sup>3</sup>·°С), для офисов административных и помещений других общественных зданий 0,31 Вт/(м<sup>3</sup>·°С).

Если расчетная характеристика удельного расхода тепловой энергии  $q_{от}^p$  для проектируемого здания менее нормируемой величины  $q_{от}^{tp}$  при меньших, чем  $R_o^{tp}$ , значениях сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций  $R_o$  (за исключением светопрозрачных), то сопротивление теплопередаче наружных ограждений  $R_o$  разрешается снижать, но не ниже минимальных значений  $R_o^{min}$ , определяемых согласно табл. 11.1 разрабатываемого СП «Здания и комплексы высотные. Нормы проектирования».

В разрабатываемом СП «Здания и комплексы высотные. Нормы проектирования» представлены новые, более жесткие требования к светопрозрачным конструкциям для остекленных фасадов. Как известно, ранее в территориальных нормах для Москвы и Санкт-Петербурга для фасадов с процентом остекленных фасадных поверхностей более 18% для жилых и 25% для общественных зданий принималось, что  $R_o^{tp}$  для окон (кроме витрин, витражей, навесных светопрозрачных конструкций) должно быть не менее 0,56 м<sup>2</sup>·°С/Вт, а приведенное сопротивление теплопередаче витрин, витражей, навесных конструкций должно быть не менее 0,65 м<sup>2</sup>·°С/Вт. В связи с тем, что указанный нормативный документ предназначен для проектирования на всей территории РФ, данное требование было несколько изменено. Теперь для высотных зданий при площади остекления жилых помещений не более 18%, а общественных не более 25% нормируемое сопротивление теплопередаче светопрозрачных ограждений  $R_o^{tp}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, должно приниматься по СП 50.13330; если площадь светопрозрачных ограждений превышает указанные значения, то  $R_o^{tp}$  должно быть не менее чем на 15% больше значений, принятых согласно табл. 3 СП 50.13330 для светопрозрачных конструкций.

Также при проведении теплотехнических расчетов в качестве расчетной температуры наружного воздуха в холодный период года  $t_{н}$ , °С, принимается средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98 по СП 131.13330 «СНиП 23-01–00\* «Строительная климатология» с учетом понижения температуры на 1°С на каждые

<sup>1</sup> При специальном обосновании допускается принимать различные уровни тепловой защиты здания по высоте.

Нормируемые (в числителе) и минимально допустимые (в знаменателе) значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Функциональный тип помещений	Высота здания, м	Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), °С·сут (год)	Нормируемые $R_0^{норм}$ / минимально допустимые $R_0^{мин}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт		
			Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных над неотапливаемыми подпольями и подвалами
Жилые (квартиры и номера гостиниц)	от 76 до 150	2000	2,16/1,36	3,3/2,64	2,88/2,3
		4000	2,88/1,81	4,33/3,46	3,81/3,05
		6000	3,61/2,27	5,36/4,29	4,74/3,79
		8000	4,33/2,73	6,39/5,11	5,67/4,54
		10000	5,0/3,15	7,42/5,94	6,59/5,27
		12000	5,77/3,64	8,45/6,74	7,52/6,02
	свыше 150	2000	2,37/1,49	3,62/2,9	3,16/2,53
		4000	3,16/1,99	4,75/3,8	4,18/3,34
		6000	3,96/2,49	5,88/4,7	5,2/4,16
		8000	4,75/2,99	7/5,6	6,22/4,98
		10000	5,54/3,49	8,14/6,51	7,23/5,78
		12000	6,33/3,99	9,27/7,42	8,25/6,6
Административные (офисы) и другие общественные	от 76 до 150	2000	1,85/1,17	2,47/1,98	2,06/1,65
		4000	2,47/1,56	3,3/2,64	2,78/2,22
		6000	3,09/1,95	4,12/3,3	3,5/2,8
		8000	3,71/2,34	4,94/3,95	4,22/3,38
		10000	4,33/2,73	5,77/4,62	4,94/3,95
		12000	4,94/3,11	6,59/5,27	5,67/4,54
	свыше 150	2000	2,03/1,28	2,71/2,17	2,26/1,81
		4000	2,71/1,71	3,62/2,9	3,05/2,44
		6000	3,39/2,16	4,52/3,62	3,84/3,07
		8000	4,07/2,56	5,42/4,34	4,63/3,7
		10000	4,75/2,99	6,33/5,06	5,42/4,34
		12000	5,42/3,41	7,23/5,78	6,22/4,98

100 м. В связи с тем, что температура наиболее холодной пятидневки при обеспеченности 0,98 стала несколько ниже по сравнению с обеспеченностью 0,92, изменилось и требование к температуре на внутренней поверхности светопрозрачных ограждений. Согласно новому СП «температура на внутренней поверхности светопрозрачного заполнения должна быть не ниже 0°С так, чтобы она обеспечивала отсутствие наледи на внутренней поверхности конструкций». Это в полной мере позволяет светопрозрачным конструкциям отвечать своему функциональному назначению без предъявления к ним завышенных требований.

Без изменений осталось обязательное условие, что перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции  $\Delta t$ , °С, должен быть не менее нормируемых значений  $\Delta t^н$ , °С, приведенных в СП 50.13330.2012, за исключением светопрозрачных заполнений, а также условие, что температура внутренней поверхности ограждающей конструкции в зонах теплопроводных включений, в углах и оконных откосах, а также на зенитных фонарях должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре и влажности воздуха согласно требованиям ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

При оценке эксплуатационной надежности высотных зданий согласно новому СП расчет теплопотерь через ограждающие конструкции здания следует осуществлять:

– для пиковых нагрузок, учитывающих максимальные значения отрицательных температур (температура наиболее холодных суток по СП 131.13330) с учетом поправки на высоту здания), скорости ветра и вклада от ветровой на-

грузки на инфильтрацию/эксфильтрацию через ограждающие конструкции;

– для теплопотерь за отопительный период – с учетом среднемесячных наружных температур и скоростей ветра с учетом поправок по высоте.

Как известно, высотные здания являются объектами повышенной ответственности и надежности. В процессе их эксплуатации проведение любых ремонтных работ происходит на значительной высоте и часто бывает затруднено. Поэтому при проектировании высотных зданий необходимо использовать элементы и комплектующие ограждающих конструкций, долговечность которых должна составлять не менее 40–50 лет и быть подтверждена в результате испытаний в аккредитованных испытательных лабораториях, а также все заявленные эксплуатационные характеристики ограждающих конструкций высотного здания, в том числе светопрозрачных ограждающих конструкций, должны быть подтверждены в результате квалификационных испытаний в аккредитованных испытательных лабораториях для всего перечня заявленных параметров.

Особое внимание уделяется вопросу теплотехнических испытаний при вводе высотных зданий в эксплуатацию. На этом этапе следует предусмотреть тепловизионные и аэродинамические обследования здания для контроля его герметичности. Это позволит проверить качество монтажа, выявить места инфильтрации через примыкания витражных конструкций, оконных и дверных заполнений; выявить места с повышенной теплопроводностью, мостики холода и т. п.

Новый СП «Здания и комплексы высотные. Нормы проектирования» станет первым документом федерального уровня, в котором впервые в нашей стране усилиями большего количества специалистов: конструкторов, проекти-

ровщиков, архитекторов, специалистов по строительной физике, инженерному оборудованию зданий и компьютерному моделированию разработан комплекс требований, необходимых для проектирования высотных зданий на территории Российской Федерации.

#### Список литературы

1. Травуш В.И., Зенин С.А., Конин Д.В., Назаров Ю.П., Одесский П.Д., Попов Н.А., Соколов Б.С., Шулятьев О.А., Шулятьев С.О. К общественному обсуждению глав нового свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования», посвященных проектированию несущих конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2016. № 3. С. 31–37.
2. Николаев С.В., Травуш В.И., Табунщиков Ю.А., Колубков А.Н., Соломанидин Г.Г., Магай А.А., Дубынин Н.В. Нормативная база высотного строительства в России // *Жилищное строительство*. 2016. № 1–2. С. 3–7.
3. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Особенности теплотехнического проектирования высотных зданий в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 «СНИП 23-02–2003 Тепловая защита зданий» // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2016. № 6 (982). С. 62–64.
4. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 226 с.
5. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНИП «Тепловая защита зданий» // *Жилищное строительство*. 2011. № 8. С. 2–6.

#### References

1. Travush V.I., Zenin S.A., Konin D.V., Nazarov Yu.P., Odesskii P.D., Popov N.A., Sokolov B.S., Shulyat'ev O.A., Shulyat'ev S.O., To public discussion of chapters of the new set of rules «Buildings and complexes high-rise. Rules of design», the bearing designs devoted constructions. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016. No. 3, pp. 31–37. (In Russian).
2. Nikolaev S.V., Travush V.I., Tabunshchikov Yu.A., Kolubkov A.N., Solomanidin G.G., Magai A.A., Dubynin N.V. The regulatory base of high-rise construction in Russia. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 1–2, pp. 3–7. (In Russian).
3. Umnyakova N.P., Butovskii I.N., Chebotarev A.G. Features of heattechnical design of high-rise buildings according to requirements of the set of rules 50.13330.2012 «Construction Norms and Regulations 23-02–2003 Thermal protection of buildings». *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki*. 2016. No. 6 (982), pp. 62–64. (In Russian).
4. Fokin K.F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastei zdaniy*. [Building heat engineering of enclosing parts of buildings.] Moscow: ABOK-PRESS, 2006. 226 p.
5. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Requirements for thermal performance and energy efficiency in the project actualized SNiP «Thermal protection of buildings». *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2011. No. 8, pp. 2–6. (In Russian).

### На первой странице обложки



## КЛАССИЧЕСКИЕ НЕБОСКРЕБЫ В МОСКВЕ

*Neva Towers* обладает уникальным расположением: он находится на обособленной территории относительно основного массива «Москва-Сити», благодаря чему из панорамных окон комплекса будут открываться захватывающие виды на все стороны света, в том числе уникальный московский Сити. *Neva Towers* – первый проект в «Москва-Сити», чей образ напоминает классические нью-йоркские небоскребы в современном прочтении. Архитектор С. Чобан выполнил фасады в стекле в сочетании с ламелями из светлого камня, которые подчеркивают монументальность здания.

Комплекс образован двумя зданиями, объединенными общим стилобатом. Высота башен – около 290 и 338 м (63 и 77 этажей). Площадь участка *Neva Towers* – 2,41 га. Общая площадь комплекса составляет 349,2 тыс. м<sup>2</sup>. Основная функция проекта – жилая. Апартаменты передаются покупателям в состоянии «white box», т. е. полностью готовыми для укладки финишных отделочных материалов и реализации индивидуального дизайна. Всего в комплексе будет расположено 1210 апартаментов, площадь которых варьируется от 60 до 300 м<sup>2</sup>. В состав *Neva Towers* также входят офисные пространства и торговая галерея. Офисы займут только 28 этажей одной из башен. Паркинг насчитывает 2040 машино-мест.

По мнению руководителя архитектурного бюро SPEECH Сергея Чобана, в «Москва-Сити» с избытком хватает высотных доминант, которые могут похвастаться экстравагантными формами и силуэтами, но еще не было башен, спроектированных в традиции исторических небоскребов, в облике которых легкость стекла и массивность натурального камня дополняют друг друга. В *Neva Towers* роскошный вид из окон сочетается с ощущением солидного каменного дома, который будет стоять века. При этом важно, что комплекс спроектирован с учетом всех самых современных запросов и требований, обеспечивая будущим жильцам комфорт проживания.

Для жителей *Neva Towers* будут доступны панорамный бассейн в частном парке на крыше четырехэтажного стилобата, фитнес-клуб со спа и хамамом, сквош-корты, виртуальный гольф, кинозал, музыкальная и караоке студии, зал для индивидуальных занятий. Широкий набор сервисов, частный парк, доступный только для собственников апартаментов *Neva Towers*,

просторный сквер, который сравнится по площади со стадионом, сделают *Neva Towers* самым «зеленым» многофункциональным комплексом в центре Москвы: его проектирование и строительство осуществляются по стандартам LEED (лидерство в энергетическом и экологическом проектировании) Американского совета по экологическому строительству. Проект заявлен на получение LEED GOLD сертификата.

В настоящее время возводятся 21-й – 22-й этажи 77-этажной башни. Построено более 50% конструкций в подземной части комплекса. Проект планируется завершить во втором квартале 2019 г., одновременно с окончанием строительства эта делового центра «Москва-Сити» и реконструкции набережных Москвы-реки в этом районе города. Инвестиции в проект составят более 1 млрд долл. США.

*Neva Towers* – предпоследний строящийся адрес в ММДЦ «Москва-Сити», логично завершающий формирование уникальной системы, где сконцентрировано огромное количество площадей для жизни и бизнеса. Застройщик объективно оценил интерес целевой аудитории к проекту, грамотно определил ценовую политику и концепцию реализации апартаментов. Спрос на апартаменты в *Neva Towers* генерируется исключительными условиями предложения, актуальными для рынка площадями лотов и конкурентными ценами, которые в 1,5 раза ниже среднерыночных в этой локации. Проект имеет серьезный инвестиционный потенциал: в течение трех лет прогнозируется увеличение стоимости апартаментов на 60–80%. *Neva Towers* не имеет прямых аналогов на рынке Москвы, это одно из самых заметных и знаковых предложений на столичном рынке недвижимости.

По материалам пресс-службы Renaissance Development



# «Градостроительство в тени Сталина. Мир в поисках социалистического города в СССР»

**Авторы-составители:** Харальд Боденшатц, Кристиане Пост и др.  
*Verlagshaus Draun / SCIO Media, 2015. 416 с.*

Рецензируемое издание «Градостроительство в тени Сталина. Мир в поисках социалистического города в СССР» представляет собой перевод книги, вышедшей в Германии на немецком языке около 10 лет назад. В ее основу легли исследования материалов Центра Шинкеля по архитектуре, исследованию города и охране памятников при Берлинском техническом университете. Это значительный труд в отечественной литературе и анализ большого объема информации по архитектуре и градостроительству СССР в период с 1925 по 1941 г. в контексте истории социального развития городов.

Тема, избранная авторами-составителями – профессором социологии планирования и архитектуры Берлинского технического университета Харальдом Боденшатцем и искусствоведом Кристиане Пост и др., относится к наиболее актуальным, особенно для нынешнего этапа развития российского градостроительства, в период усиления строительной активности, в эпоху перехода на новую экономическую платформу. Затронутый круг вопросов отражает основные направления градостроительства в рассматриваемый период и имеет высокую практическую значимость для современного поколения зодчих. Отсюда вытекает цель данной работы: рассмотреть научно-исторический аспект развития мотивации градостроительной деятельности. Предметом исследования являются основные закономерности взаимодействия противоположных концепций формирования города применительно к архитектуре – от модернистских к барокко.

В главе «Обзор социалистического градостроительства от Октябрьской революции до первой пятилетки» проводится краткий социологический мониторинг организаций архитекторов и градостроителей, обзорные важные законодательные документы, оказавшие значительное влияние на градостроительство, в частности «План комиссии ГОЭЛРО по электрификации РСФСР», подвергнута детальному обсуждению действующая в первые послереволюционные годы концепция «города-сада».

В главе «Социалистическое градостроительство под знаком модернизма (1929–1931 гг.)» подробно рассматриваются планы перестройки существующих городов в соответствии с требованиями, вытекающими из строительства новых промышленных предприятий и комбинатов. При этом авторы отмечают: «Ввиду нарастающих проблем была поставлена неотложная задача начать научно обоснованное планирование реконструкции существующих и прежде всего строительства новых городов». Наиболее полно дается характеристика г. Магнитогорску как образцовому социалистическому городу первой пятилетки и Москве, в свете новых планировочных структур, предложенных Н. Ладовским и Г. Красиным.

В главе «Большой поворот в градостроительной политике (1931–1932 гг.)» значительное внимание уделено конкурсу на проект Дворца Советов в Москве – символу триумфального шествия социализма – и строительству метрополитена, призванного наглядно продемонстрировать взаимосвязь между коммунальным хозяйством и составлением генплана (генеральная схема метрополитена была утверждена в 1932 г.). Эти два объекта должны были в первую очередь ориентироваться на Генеральный план развития Москвы.

В главе «Градостроительство социализма под знаком критического осмысления традиций (1932–1935 гг.)» затронуты вопросы новой градостроительной политики в исследуемый период, претерпевшей ряд существенных преобразований, а также новые поиски концепций в смене градостроительного курса, а именно конкурсные проекты: Н. Ладовского, Э. Мая, Х. Мейера, К. Мейера, В. Кратюка, Г. Красина, бригады ВОПРа. Ведущая роль в данной главе принадлежит теме «Влияние новой градостроительной политики на генплан города», схеме расселения, функциональному зонированию города с целью рационального формирования его планировочной и пространственной структуры.

Глава «Обзор: реализация и консолидация принципов социалистического градостроительства в эпоху сталинизма (1935–1941 гг.)» предлагает вниманию читателя осуществление важнейших архитектурных и строительных проектов в рамках Генерального плана реконструкции Москвы, принятого 10 июля 1935 г. Авторы профессионально обозначают: «С момента принятия решения о принципиальном сохранении сложившегося центра и интеграции его в общегородскую систему вопросы планировки исторической центральной части города стали одними из важнейших в генплане по реконструкции Москвы». Рассматриваются архитектурные проекты на территории: вокруг Дворца Советов, Красной площади, Охотного ряда и Ново-Мажневской площади, Садового кольца, ул. Горького, площадей в центральной части города, а также по застройке набережных, крупных парков культуры и отдыха.

Наибольший интерес представляет глава «В поисках социалистического города (1929–1935 гг.)», где авторы подчеркивают: «Московское градостроительство вполне можно рассматривать как самостоятельную новую интерпретацию современного исторического города». Фиксируют также, что «тема политики в советском градостро-

ительстве в период между 1929 и 1935 гг. неразрывно связано с темой диктатуры и террора и с личностью Сталина» и подводят итог: «Путь развития градостроительства в сталинскую эпоху подготавливался двумя механизмами: институциональным – путем реорганизации партийных и профессиональных организаций и содержательным – путем принятия постановлений партийных и государственных органов».

Заключительная глава «Документы» содержит обширный материал статей, пояснительных записок к проектам, цитат классиков марксизма-ленинизма по вопросам архитектуры и градостроительства.

Методика исследования в рецензируемой книге включает архивный поиск и строится на комплексном применении методов: системного анализа; сравнительного анализа; историко-архитектурного анализа; объемно-планировочного анализа; используется при этом территориально-градостроительный подход. Равным образом работа основывается на графоаналитическом методе обработки материала и опирается на изложение в трудах отечественных и зарубежных исследователей историю архитектуры и градостроительства в целом, проектных предложений, теоретических разработок. Вместе с тем границы исследования обусловлены заявленной темой.

Авторы четко определяют значимость проблемы градостроительства, ставя в центр исследования необходимость гармонизации архитектурных и градостроительных решений на уровне генерального плана рассматриваемых городов. Именно эти вопросы рассмотрены как основа к повышению качества архитектурной среды, образующей городскую структуру. Всестороннего интереса заслуживают представленные в книге наиболее яркие и значительные архитектурные и градостроительные проекты, как реализованные, так и нереализованные, но имеющие большую художественную ценность.

Предложено рассмотреть исторический опыт градостроительства в СССР – социальное, культурное и техническое развитие социального города исследуемой эпохи, определяя его образную выразительность, а также особую историческую значимость. Теория социалистического города – в основном результат дискуссий между архитекторами и органами государственной власти. Период с 1925 по 1941 г. характеризуется поиском новых градостроительных концепций, которые отвечали бы идеям построения и преобразования социалистического общества. Одновременно, совокупность фундаментальных научных установок, спорные вопросы в сфере градостроительства и социологии в контексте двух пятилеток располагают большим количеством предсуждений и предвзятых мнений, имевших значительные последствия для дальнейшей истории. В то же время вопросам нового социалистического градостроительства в эпоху Сталина посвящены работы не только отечественными зодчими, но и зарубежными специалистами. Указанные работы являются важнейшими источниками по истории архитектуры и градостроительству социалистических городов. В книге отдельно ставится вопрос о роли иностранных специалистов, участвующих в строительстве новых промышленных городов и значении зарубежного опыта в советском градостроительстве.

Структура работы авторов весьма обоснованна и последовательно подводит к пониманию практической значимости градостроительной деятельности – совершенствованию инфраструктуры, планомерной застройки и грамотной реконструкции городов, улучшению экологического состояния городской среды и т. п. При этом закономерно расположенные здания в системе города, что способствует комфортному художественно-образному воздействию на человека, и тогда весь город или его основная часть воспринимается им как композиционное целое. При большом многообразии и многоплановости рассматриваемых аспектов последовательность изложения материала определяется логической связью между отдельными главами.

Следует отметить, что авторы использовали при разработке проблемы градостроительства ряд интересных литературных источников, законодательство о градостроительной деятельности и т. д. Книга написана на высоком научном уровне; доступна не только специалистам, но и широкому кругу читателей. После глубокого изучения фактов и материалов, изложенных в книге, можно сделать вывод, что ее разделы будут полезны для всех участников градостроительной деятельности – архитекторов, градостроителей, географов, социологов, экологов, экспертов по городскому управлению и других специалистов, круг которых постоянно расширяется.

Рецензируемая книга также может служить хорошим путеводителем по архитектурно-градостроительной проблематике. Книга рекомендуется архитекторам и градостроителям для обоснования предложений, затрагивающих современные проблемы градостроительства.

*Профессор кафедры архитектуры КубГАУ, доктор архитектуры, действительный член Международной академии архитектуры в Москве (МААМ), почетный архитектор России, заслуженный архитектор Кубани  
О.С. Субботин*

# Пятый фасад архитектуры

Международный форум высотного и уникального строительства 100+ Forum Russia прошел в Екатеринбурге в 2016 г. в третий раз. За время существования форум успел заявить о себе как о главной площадке страны, посвященной проблемам и перспективам высотного и уникального строительства. В 2016 г. форум стал профессиональнее: серьезная практическая работа велась на секционных заседаниях, круглых столах. Множество интересных лекций от профессионалов международного уровня организовано в этом году.

Пленарное заседание, спикерами которого стали в том числе, президент Российской академии архитектуры и строительных наук А.В. Кузьмин и основатель CRGArchitecture К. Гомес, собрало широкую аудиторию. Речь шла о потенциале строительства в стране высотных и уникальных сооружений. А.В. Кузьмин отметил, что высотное строительство не обязательно, но иногда необходимо там, где есть дефицит земельных ресурсов. В современных городах жизнь «по вертикали» уже реальность. Все зависит от возраста и деловой активности жителей. Причем в высотках люди готовы покупать не только огромные апартаменты, но и малогабаритные квартиры. Главное – инфраструктурная организация высотного комплекса. Известно, что в первую очередь в высотках продаются квартиры на высоких этажах. Следовательно, на вторых–десятих этажах необходимо размещать офисы, магазины, развлечения, парковки. Однако активному строительству высоток пока мешает отсутствие необходимых документов и регламентов. Александр Викторович обратил внимание архитекторов на то, что в современных городах теперь появился пятый фасад – вид сверху.

Большой блок деловой программы был посвящен подземному строительству. Когда плотность застройки возрастает, актуальным становится смещение части функций под землю, где можно решить многие проблемные вопросы, в том числе разделение пешеходных и транспортных потоков, а также совмещение инфраструктуры метрополитена с коммерческими объектами, либо увести под землю транспорт, оставив поверхность людям.

Например, зам. главы Администрации города Екатеринбурга по вопросам капитального строительства и землепользования А.А. Белишев подчеркнул, что проводится актуализация Генплана развития Екатеринбурга, где в том числе пересматривается концепция использования подземного пространства. Если раньше городские власти делали ставку на наземные пешеходные переходы, оставляя улицы транспорту, то теперь подземное пространство рассматривается как зона для организации паркингов, а в перспективе и для сети подземных дорог.

Большое число слушателей собрала сессия о тенденциях развития современных городов. Эксперты спорили, есть ли вообще в стране градостроительство, если учесть, что за последние 25 лет появилось всего

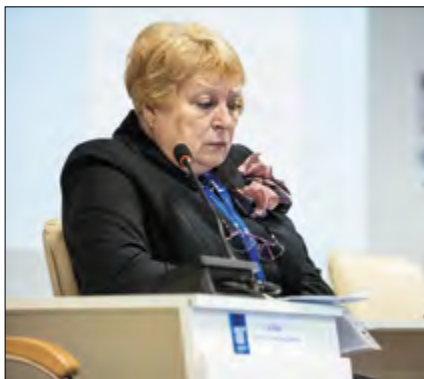


Проект «Медная гора» – призер архитектурного конкурса на застройку Екатеринбурге Suti

четыре новых города, тогда как в СССР было построено 700 новых городов. И как нужно развивать мегаполисы в России, учитывая, что количество автомобилей все растет и растет. В докладе М.М. Блинькина, директора Института экономики транспорта и транспортной логистики НИУ ВШЭ, отмечалось, что необходимо перестать заниматься самообманом по поводу решения транспортных проблем за счет дорожного строительства. Следует проводить тщательный планировочный и трафиковый расчет с применением самого современного моделирования. Не нужно пытаться переделывать главные улицы города в хайвей. За разумные деньги можно повысить плотность и связность улично-дорожной сети на периферии города и тем самым увеличить ее инвестиционную и социальную привлекательность, а также снизить перепробег и освободить центр города от транзитных функций. В этом смысле поучителен сингапурский опыт по введению ограничительных мер по регулированию количества автомобилей в городе: квотирование прироста автомобильного парка; чувствительно высокая цена сбора за регистрацию автомобиля; аукционный розыгрыш ваучеров на право покупки автомобиля; чувствительно высокая ставка акциза на автомобили; дифференцированные и чувствительно высокие ставки транспортного налога; по регулированию интенсивности использования автомобилей: фискальные меры; чувствительно высокая ставка акциза на моторные топлива; дифференцированные и чувствительно высокие парковочные тарифы; километровые платежи, дифференцированные по уровням загрузки УДС; платные дороги, платный въезд; сборы за владение автомобилем в центре города.

Зам. начальника отделения гидроаэродинамики ФГУП «Крыловский государственный научный центр» С.Ю. Соловьев рассказал об аэродинамических проблемах уникальных сооружений. По оценкам японских специалистов, ветровая нагрузка для здания высотой более 200 м соизмерима с нагрузками от 9-балльного землетрясения. Для получения достоверных результатов об аэродинамических нагрузках, во многих странах в руководящих документах по проектированию требуется проведение испытаний макетов зданий в специализированных аэродинамических трубах, которые включают определение суммарных и пиковых аэродина-





мических нагрузок; моделирование зон скопления снега на крыше сооружения; определение параметров ветровой комфортности в пешеходных зонах; исследование возможности возникновения резонансных колебаний из-за воздействия ветра; выявление благоприятных зон для размещения воздухозаборных и выхлопных устройств; исследование параметров потока в районе расположения вертолетной площадки; на их основе разрабатываются решения по снижению или полному устранению негативного воздействия аэродинамических факторов. В ФГУП «Крыловский государственный научный центр» существует единственная в России по техническим возможностям испытаний уникальных сооружений ландшафтная аэродинамическая труба, позволяющая выполнить физический эксперимент и определить указанные показатели.

По современной статистике к 2050 г. 70% мирового населения будет жить в городах. И если средняя высота высотных зданий в 2000 г. была 375 м, то в 2020 г. достигнет 598 м.

Отдельная секция в рамках форума была посвящена проекту «Лахта центр». Главный инженер АО «МФК «Лахта центр» С.В. Никифоров отметил, что находящийся в 9 км от центра Санкт-Петербурга многофункциональный высотный комплекс находится в динамично развивающемся районе, имеющем перспективы развития транспортной и инженерной инфраструктуры, имеет уникальные видовые характеристики и формирует «морской фасад» города XXI в. Срок сдачи объекта 2018 г. Высотная доминанта 462 м. 70% площадей займут офисные площади штаб-квартиры ПАО «Газпром» и ПАО «Газпром нефть», 30% – общественные зоны и сопутствующие сервисы. «Лахта центр» в полицентрической модели развития Санкт-Петербурга будет способствовать гармонизации транспортной ситуации через реверсные потоки; обеспечит новое качество городской среды в конкуренции за человеческий капитал; освободит исторический центр от функций сити; станет точкой роста экономики, культурной жизни и туризма.

Многофункциональный центр включает: **высотное здание** (офисы, конференц-залы, панорамные рестораны, обзорная площадка); **здание с атриумом** (офисы; рестораны и кафе; научно-образовательный центр с планетарием; медицинский центр; фитнес-центр и спа; конгресс-центр с многофункциональным залом-трансформером; торговые зоны; отделение банка); **открытый амфитеатр на воде на 2000 зрителей; входную арку**.

«Лахта центр» имеет самый большой в мире объем фасадного остекления и внесен в Книгу рекордов Гиннеса по непрерывному бетонированию фундамента. Впервые в России при возведении «Лахта центра» применены композитные несущие колонны и 264 уникальные сваи диаметром 2 м, которые заглублены в грунт на глубину от 72 до 82 м. Для обеспечения нового качества жизни и работы устроена автоматизированная система микроклимата: установлены абсорбционные системы отопления и охлаждения, механическая вентиляция с утилизацией теплоты, затеняющие конструкции на фасадах. Для обеспечения чистоты воздуха проводится измерение выбросов CO<sub>2</sub>; используются нетоксичные вещества в системе холодоснабжения и экологичные отделочные материалы; будет проведено озеленение кровли и стен. В зданиях используется самостоятельный свет: полностью автоматизированная система освещения; изменение цвета и интенсивности ламп в зависимости от уровня естественной освещенности; автоматически управляемые жалюзи.

Мероприятие 100+ Forum Russia по праву обрело статус международного, о чем говорит заинтересованность многочисленных иностранных участников и их готовность делиться имеющимся у них опытом и разработками. В рамках мероприятия одновременно проходило 5–6 секций, в некоторых залах не было свободных мест, многие слушали выступления докладчиков стоя. Молодые увлеченные специалисты приехали специально на выступление того или иного докладчика. Посетив 100+ Forum Russia понимаешь, что в России огромный потенциал современных, активных, знающих профессионалов, большое количество грамотных, владеющих современными технологиями проектирования специалистов.

*Л.В. Сапачева, канд. техн. наук*



УДК 624.042.7:699.841

Т.А. БЕЛАШ, д-р техн. наук (belashta@mail.ru)

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I  
(190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9)

## Использование сейсмоизолирующих устройств в зданиях с наличием подземных пространств

Современное развитие мегаполисов невозможно без освоения и развития подземных пространств, которые могут использоваться для хранения автомобилей, для размещения транспортных узлов, инженерных коммуникаций и других целей. При этом многие города попадают в зоны с высокой сейсмической активностью, оказывающей существенное влияние на поведение зданий с наличием подземных пространств. Одним из средств повышения сейсмостойкости таких строительных объектов является введение между надземными и подземными конструкциями сейсмоизолирующих опор. Результаты исследования влияния этих элементов на сейсмостойкость зданий доказывают эффективность такой сейсмозащиты. Использование опор позволяет снизить сейсмические нагрузки в два раза и более.

**Ключевые слова:** здания с наличием подземных пространств, сейсмические воздействия, сейсмоизолирующие опоры.

Т.А. BELASH, Doctor of Sciences (Engineering) (belashta@mail.ru)

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (9, Moskovsky Avenue, 190031, Saint-Petersburg, Russian Federation)

### The Use of Seismic Isolating Devices in Buildings with Underground Spaces

The present development of megapolises is impossible without development of underground spaces which can be used for auto-parking, location of transport hubs, engineering communications and other purposes. At that, many cities are situated in the zones of high seismic activity which significantly influence on the behavior of buildings with underground spaces. One of the measures to increase the seismic resistance of such building objects is introduction of seismic isolation supports between aboveground and underground structures. Results of the study of the impact of such elements on the seismic resistance of buildings prove the efficiency of such seismic protection. The use of these supports makes it possible to reduce seismic loads by two and more times.

**Keywords:** buildings with underground spaces, seismic effects, seismic isolation supports.

Высокая концентрация транспорта в условиях уплотненной городской застройки приводит к поиску новых способов решения градостроительных задач, одним из которых является освоение подземных пространств. В настоящее время доля подземных сооружений в развитых странах достигает достаточно высокого уровня, она составляет около четверти от общей площади возводимых объектов. Освоение подземных пространств позволяет решить многие градостроительные проблемы, такие как хранение непрерывно возрастающего парка легковых автомобилей, использование подземных пространств для компактного размещения зданий и сооружений различного назначения, размещение транспортных коммуникаций, инженерных сетей и т. п. Учитывая, что значительная часть территории РФ находится в зоне повышенной сейсмичности, возникает необходимость оценки влияния наличия развитых подземных пространств на общую сейсмостойкость зданий. Статистика последствий землетрясений показывает, что практически каждое сильное землетрясение сопровождается повреждением объектов, расположенных под землей, несмотря на то, что они в меньшей степени страдают от сейсмических воздействий. Тем не менее их влияние на общую сейсмостойкость надземных конструкций может быть весьма существенным. Примером такого влияния может служить падение гражданского здания в результате землетрясения в Шанхае 2009 г. (Стихийные бедствия в 2009 году // The Bester [Электронный ресурс]. URL: <http://thebester.ru/blog/happends/6578.html>. Дата обра-

щения 29.06.2016). После этого землетрясения на землю упал почти построенный 13-этажный дом (рис. 1).

Здание при падении осталось практически целым. Причинами обрушения явились слабые грунты и наличие подземной парковки. В другом примере (20 самых разрушительных землетрясений // День-онлайн [Электронный ресурс]. URL: <http://dayonline.ru/incidents/photo/20-samyh-razrushitelnyh-zemletryaseniy-v-istorii-42064#image=37>. Дата обращения 29.06.2016), представленном на рис. 2, обрушение вышележащих конструкций произошло в результате повреждения строительных конструкций в подземной части



Рис. 1. Обвал многоэтажного дома «Лотус-Риверсайд» в результате землетрясения в Шанхае





Рис. 2. Примеры разрушения конструкций (землетрясение в Мексике 19 сентября 1985 г.)



Рис. 3. Пример установки различного числа резинометаллических опор

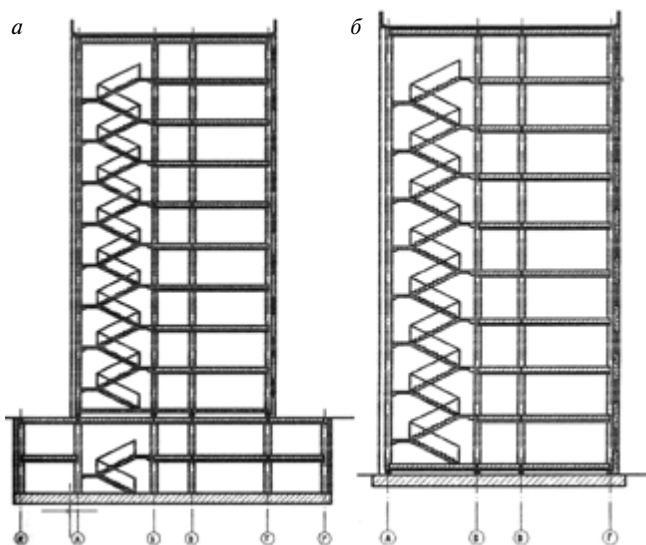


Рис. 4. Конструктивные схемы здания: а – здание с подземным гаражом; б – здание без гаража

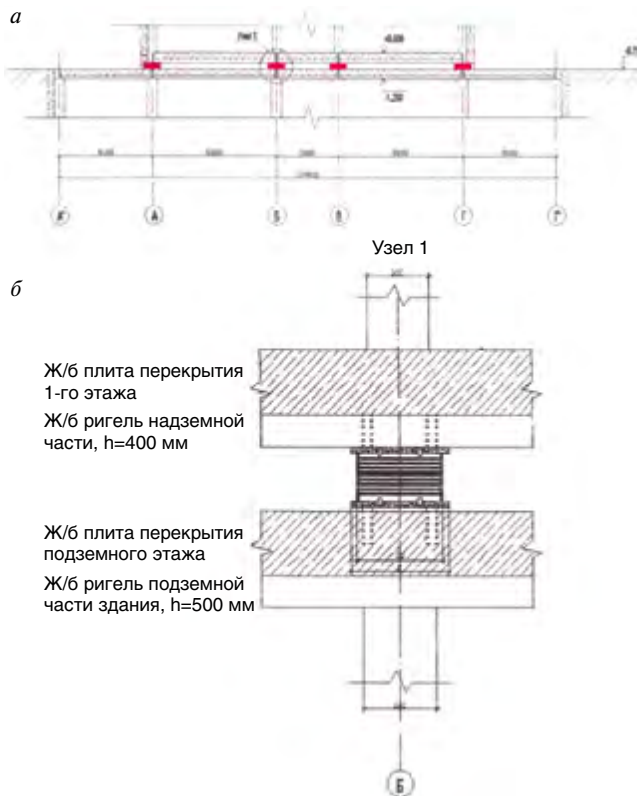


Рис. 5. Разрез здания в месте установки опор: а – фрагмент разреза здания; б – узел сопряжения опор с конструкциями

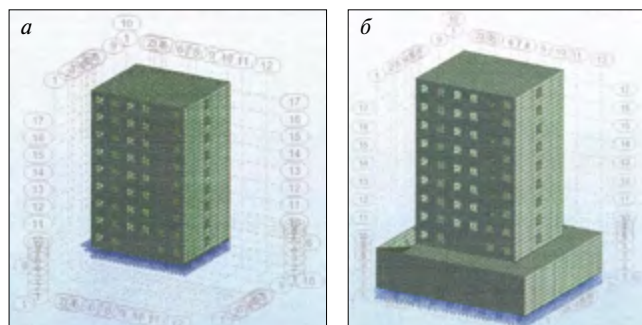


Рис. 6. Расчетные модели: а – здание без подземного паркинга; б – здание с подземным паркингом

здания, которая по своим конструктивным и жесткостным характеристикам существенно отличалась от надземных конструкций.

Пути повышения сейсмостойкости зданий, как известно, могут быть различными. В современном строительстве все большее распространение получает применение специальных средств сейсмозащиты в виде систем сейсмоизоляции, которые эффективно используются в различных зданиях и сооружениях. Под системами сейсмоизоляции обычно понимают системы уменьшения энергии, передаваемой сооружению в процессе сейсмических колебаний, посредством установки в некотором уровне элементов повышенной податливости, приводящих к отстройке спектра сооружения от спектра воздействия в длиннопериодную область. В мире построено достаточно большое количество зданий с использованием этих систем защиты, в том числе и в зданиях с наличием подземного пространства. Такие здания построены в Японии, Китае, России, Армении и во многих других странах. На рис. 3 представлен пример рас-

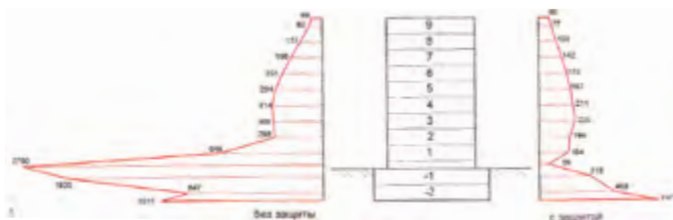


Рис. 7. Результаты расчета: здание без сейсмозащиты – слева; здание с защитой – справа

положения сейсмоизолирующих опор между подземной и надземной частями здания, разработанного армянскими специалистами [1].

Несмотря на достаточно большое количество конструктивных предложений по реализации систем сейсмоизоляции, применение этих систем в зданиях с наличием развитых подземных пространств с учетом особенностей проявления сейсмических воздействий и характера грунтовых условий требует проведения дальнейших исследований.

Рассмотрим жилое здание с наличием двухэтажной парковки в сейсмическом районе. Оценка степени влияния наличия подземного пространства на сейсмостойкость здания производилась для сравнения на здании без парковки. Конструктивное решение надземной части представлено монолитным каркасом рамного типа. Колонны железобетонные, прямоугольного сечения 300×300 мм. Шаг колонн в продольном направлении принят 3 м, в поперечном – 3 и 6 м. Плиты перекрытия монолитные. Подземная часть здания выполнена в виде монолитной железобетонной плиты толщиной 800 мм с вертикальными монолитными стенами и колоннами прямоугольного сечения 350×350 мм. Перекрытия представляют собой также монолитные железобетонные плиты (рис. 4).

В проекте в качестве сейсмоизоляции приняты известные сейсмоизолирующие опоры фирмы FIP industrial. Это многослойные резинометаллические опоры. Опорные устройства характеризуются низкой горизонтальной жесткостью, высокой вертикальной жесткостью и высокой демпфирующей способностью. В исследовании рассматривались различные упругие характеристики резинометаллических опор. Фрагмент разреза здания в месте установки опор представлен на рис. 5.

Расчетное исследование выполнялось с использованием программного комплекса «Autodesk Robot Structural Analysis». Расчетные модели рассматриваемых зданий представлены на рис. 6.

Описание грунтовых условий представлено в таблице. Взаимодействие заглубленной конструкции с грунтом осуществлялось с помощью коэффициента постели. Рас-

#### Список литературы

1. Melkumyan M. New Solutions in Seismic Isolation. Yerevan: LUSABATS, 2011. 264 p.
2. Белаш Т.А., Яковлев Л.А. Исследование сейсмостойкости зданий с подземными парковками // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2012. № 3. С. 42–43.
3. Смирнов В.И. Современные методы сейсмозащиты сооружений // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2013. № 4. С. 41–54.

#### Грунты, слагающие массив

№ п/п	Наименование грунтов	Примерная мощность, м	Объемный вес, кг/м <sup>3</sup>
1	Насыпной грунт	1–4,5	1870
2	Глина желто-бурая плотная, полутвердая до тугопластической	1,5–3	2100
3	Песок крупный и средней крупности заглинизированный	0–0,5	1825
4	Галечник средних фракций с единичными мелкими валунами и песчано-глинистым заполнителем	2–7	1950
5	Глина аллювиальная, аргиллитовая, слоистая, трещиноватая	0–4	1087
6	Аргиллит серый слоистый, пониженной прочности до малопрочного, участками трещиноватый с прослойками песчаника	8–14	2170

чет коэффициента постели был выполнен в программном комплексе отдельно для горизонтальной фундаментной плиты и вертикальных стен гаража. Расчеты выполнялись с использованием спектрального метода и динамического метода с применением записей ускорений грунта при землетрясениях, представленных набором синтезированных акселерограмм. Сила землетрясения изменялась от 7 до 9 баллов. Некоторые результаты расчета представлены на рис. 7.

Показанный рисунок иллюстрирует эпюры усилий, возникающих в колоннах по одной из осей здания. Анализ результатов показывает, что в здании до установки сейсмоизолирующих опор (эпюра слева) наблюдается резкий скачок в месте сопряжения подземной и надземной частей. После установки сейсмоизолирующих опор усилия в этом месте значительно снижаются [2].

В результате выполненных исследований было установлено:

- наличие подземной парковки изменяет напряженно-деформированное состояние объекта, которое при сейсмическом воздействии приводит к увеличению усилий в элементах более чем в два раза;
- использование систем сейсмоизоляции в виде податливых опор между надземной и подземной частями представляет собой эффективное средство сейсмозащиты, при этом происходит снижение сейсмической нагрузки в два раза и более;
- эффективность сейсмозащиты может быть достигнута при различных видах опорных элементов;
- грунтовые условия несущественно влияют на эффективность работы систем сейсмоизоляции, что подтверждают данные, полученные другими авторами [3].

#### References

1. Melkumyan M. New Solutions in Seismic Isolation. Yerevan: LUSABATS, 2011. 264 p.
2. Belash T.A., Yakovlev L.A. The study of seismic stability of buildings with underground parking. *Seismostoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii*. 2012. No. 3, pp. 42–43. (In Russian).
3. Smirnov V.I. Modern methods of seismic structures. *Seismostoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii*. 2013. No. 4, pp. 41–54. (In Russian).

УДК 69.032.22

А.А. МАГАЙ, заслуженный архитектор, канд. архитектуры,  
директор по научной деятельности (magay\_1@mail.ru)

АО «ЦНИИЭП жилища – Институт комплексного проектирования жилых и общественных зданий» (АО «ЦНИИЭП жилища»)  
(127434, Москва, Дмитровское ш., 9, стр. 3)

## Моделирование функциональных структур высотных зданий

*Освещены вопросы моделирования высотных зданий. Небоскребы являются сложной многоуровневой системой, состоящей из разных функциональных структур, подчиненных трем основным видам жизнедеятельности – жилью, работе, отдыху. Для обеспечения указанных видов деятельности высотные здания включают в свой состав типобразующие, дополнительные и эксплуатационно-технические структуры, на основе которых определяют функциональное назначение здания. При разработке архитектуры высотного здания большое значение имеют природно-климатические условия, особенно ветровые нагрузки. Такое же важное значение имеет выбранная конструктивная система, обеспечивающая безопасность эксплуатации здания. Построение модели вертикального зонирования высотного здания обеспечит правильное расположение функциональных структур, их взаимодействие и взаимосвязь, что повысит эксплуатационные качества здания.*

**Ключевые слова:** функциональные структуры, внешние и внутренние факторы, информационная, динамическая, статическая модели, этапы моделирования.

A.A. MAGAY, Honored Architect, Candidate of Architecture, Director of research (magay\_1@mail.ru)  
АО «TSNIEP zhilishcha» – institute for complex design of residential and public buildings» (АО «TSNIEP zhilishcha»)  
(9/3, Dmitrovskoe Highway, Moscow, 127434, Russian Federation)

### Simulation of Functional Structures of High-Rise Buildings

Issues of the simulation of high-rise buildings are covered. High-rise buildings are a complex multilevel system consisting of various functional structures subordinated to three main types of livelihood – housing, work, and rest. To provide these types of activity, high-rise buildings include type-forming, additional, and operational-technical structures on the basis of which functional purposes of the building are determined. When developing the architecture of the high-rise building, natural-climatic conditions, wind loads especially, are of great importance. Equally important is the chosen structural scheme ensuring the safety of operation of the building. The simulation of vertical zoning of the high-rise building provides the correct location of functional structures, their interaction and interconnection that improves operational qualities of the building.

**Keywords:** functional structure, external and internal factors, informational, dynamic, static models, simulation stages.

Все возрастающая глобализация населенных мест, ускоренные темпы урбанизации городов, бурный рост населения, высокая цена на землю в мегаполисах, необходимость эффективного использования территорий, стремление к развитию инфраструктуры, рациональное использование материальных и энергетических ресурсов, повышение требований к комфорту проживания определяют необходимость возведения высотных зданий [1–5].

В мире возникло течение «эгоманья», которое заключается в стремлении достичь высоты и выразить ее в виде высотного здания как сочетание сложных архитектурно-конструктивных и инженерных структур. Небоскребы в современном мире выступают в качестве символов главных архитектурных, инженерных и экономических достижений.

Высотные здания представляют собой сложную систему объемно-пространственных структур, заполненных различными функциями [5–10], которые оказывают прямое влияние на их функциональное зонирование, распределение тех или иных функций в здании, а в сочетании с другими показателями – этажности, вместимости, градостроительной значимости вариантность архитектурных решений получает огромную вариабельность. Для выявления совокупности характеристик структур, составляющих высотное здание,

а также учета взаимосвязей и взаимозависимостей между структурами объекта и между объектами и средой необходимо создание информационных моделей различного назначения.

Поскольку в соответствии с функциональным назначением здания имеют различные помещения, например для жилья предназначены жилые квартиры, для офисов проектируют кабинеты, рабочие комнаты, все эти помещения составляют **типобразующие структуры**, которые подразделяются на *основные, вспомогательные и эксплуатационно-технические*.

К основным типобразующим структурам относятся:

- для постоянного или временного проживания – квартиры, апартаменты, гостиничные номера;
  - для работы и учебы – офисные помещения, учебные аудитории, медицинские, библиотечные, транспортные, технологические помещения, помещения для выращивания сельскохозяйственной продукции и т. п.
- В состав *вспомогательных структур* включены предприятия и учреждения обслуживания:
- *торгово-сервисные*: супермаркеты, магазины, бутики, рестораны, кафе, отделения банков, стоянки для автомобилей и т. п.;

- *культурно-развлекательные*: игровые площадки, аквапарки, боулинг, кинотеатры, помещения с бильярдом, смотровые и танцевальные площадки и др.;
- *физкультурно-оздоровительные*: фитнес-клубы, салоны красоты, спортзалы, солярии.

В качестве *эксплуатационно-технических структур* рекомендуются – диспетчерские, помещения служб эксплуатации, технические, лестнично-лифтовые группы, помещения пожаробезопасных укрытий и т. д.

Когда определено функциональное назначение здания, его основные характеристики, далее определению подлежат так называемые обязательные помещения *эксплуатационно-технических структур* (лестнично-лифтовые узлы, помещения служб эксплуатации и т. п.). Размещение таких помещений может быть на технических этажах, частично в первом и подземных этажах. На первых этажах эти помещения могут занимать до 40% площади (основную площадь занимают лифты, лестницы и эскалаторы). Совокупность площадей таких помещений может достигать 10–20% общей площади здания. Выявлено, что от рационального размещения инженерных систем, особенно лифтов, во многом зависит «выход» полезной площади высотного здания. Помимо этого значительную часть площадей здания занимают помещения систем обслуживания, так называемые вспомогательные структуры, размещаемые, как правило, на нижних этажах, – супермаркеты, рестораны, кафе, бассейны, спортзалы, рекреации, кинотеатры, катки и т. п.; некоторые вспомогательные структуры располагаются на последних этажах – рестораны, кафе, смотровые площадки. В совокупности площади таких структур занимают около 15–20%, т. е. общая площадь, занимаемая *вспомогательными и эксплуатационно-техническими структурами*, составляет примерно от 20 до 40% общей площади здания. На основании этого определено, что практически полезная площадь основных типобразующих структур с одинаковыми функциями составляет от 60 до 80%.

Исходя из вышеизложенного может быть определена следующая систематизация типов высотных зданий: в случае, если одна типобразующая структура преобладает и занимает 60% и более общей площади здания, следует относить их к *специализированным*. Здания, в которых размещены помещения не менее трех различных типобразующих структур, составляющих каждая 15–30–40%, рекомендовано считать *многофункциональными*.

Структурная информационная модель любого высотного здания представлена на рисунке.

При разработке архитектуры высотного здания большое значение имеют *природные условия*, т. е. внешние характеристики – ветровые нагрузки, температурно-влажностный и солнечный режим, окружающая среда. Наружные конструкции здания должны воспринимать разницу в температуре, атмосферном давлении и влажности между внешней и внутренней средой. От природных воздействий в значительной мере зависит объемно-пространственное решение высотного здания, применение той или иной конструктивной системы, решение наружных ограждений и инженерных систем, поэтому может быть создана модель воздействия природных факторов на формирование архитектуры высотного здания.

При расчете на *ветровые нагрузки* учитываются такие характеристики, как скорость, направление и характер ветра. При воздействии ветра на здание, помимо прямого

ветрового потока, дополнительно наблюдаются потоки повышенной скорости, от которых ощущаются колебания здания. Указанные недостатки могут быть устранены на стадии проектирования путем продувки макета здания через аэродинамическую трубу или компьютерным построением модели и соответствующей корректировкой объемно-пространственного решения здания.

Сила воздействия ветра на высотное здание определяется объемно-пространственной структурой самого здания, рельефом местности, наличием существующих зданий и сооружений, деревьями и другими условиями. Объемно-пространственными и архитектурно-планировочными решениями высотного здания могут быть оптимизированы ветровые воздействия на него.

При разработке объемно-пространственного и архитектурно-планировочного решения высотного здания всесторонний учет ветровых нагрузок позволяет снизить их воздействие, выбрать оптимальную ориентацию здания с учетом ветрового воздействия, принять наиболее рациональные конструктивные и инженерные решения, что в конечном итоге положительно отразится на экономических показателях.

Выбор *конструктивного решения* высотного здания зависит не только от архитектурного решения, но и от других факторов: природно-климатических воздействий, различных нагрузок, противопожарных требований, планируемой долговечности объекта или конструкции и т. п. Наличие большого числа конструктивных систем для высотных зданий – с несущими стенами, со стволами жесткости, рам с жесткими узлами и других обеспечивает возможность выбора рациональной системы.

В состав современных высотных зданий и комплексов входят основные функционально образующие объемно-планировочные элементы – квартиры, офисы, банковские и другие помещения, а также значительное количество обслуживающих помещений – гаражи, магазины, спортивные залы, зимние сады, медицинские пункты, частные школы, колледжи.

Рассматривая высотное здание с точки зрения формирования архитектуры объекта, можно выделить несколько существенных факторов, влияющих на него. Все факторы с точки зрения архитектуры можно классифицировать на *внешние и внутренние*. К *внешним* можно отнести такие существенные характеристики, как функциональное назначение, объемно-пространственные и архитектурно-планировочные решения, к *внутренним* – функциональное назначение, конструктивную систему, инженерные системы и оборудование и др. (табл. 1).

Расширение функционального назначения высотных зданий и комплексов проявляется в более сложных планировочных решениях, где могут применяться различные конструктивные решения, в изменении требований к комфортности различных по функциональному назначению помещений.

Для объективного рассмотрения объекта в виде модели в первую очередь необходимо создание иерархической информационной модели, где каждый элемент объекта может быть рассмотрен в статическом состоянии и послужит для фундаментального исследования в части выявления различных свойств и качеств, взаиморасположения и взаимозависимости, т. е. определения взаимосвязи элементов друг с другом, объекта в целом и его места в градостроительном контексте. При этом для точного определения и реализации тех или иных качеств объекта необходимо создать адекватную модель, соответствующую оригиналу по

Таблица 1

Основные факторы, влияющие на формирование архитектуры высотных зданий

ВНЕШНИЕ ФАКТОРЫ	ВНУТРЕННИЕ ФАКТОРЫ
1. Природно-климатические условия (ветер, сейсмика, снег, солнце, тепло земли)	1. Функциональное назначение (специализированные и многофункциональные)
2. Условия жилой среды	2. Вертикальное и горизонтальное проектирование высотных зданий зонирование здания
3. Градостроительная ситуация	3. Энергоэффективность
4. Взаимосвязь между объектами (визуальная, стилевая, функциональная, композиционная)	4. Морфология
5. Взаимовлияние друг на друга	5. Наличие атриума
6. Фасадные системы	6. Конструктивная система
7. Внешние возобновляемые источники энергии (гелиосистемы, ветровые двигатели)	7. Инженерные системы и оборудование

тем свойствам, которые будут существенны для дальнейшего проведения анализа функциональной организации объекта, – высотное здание (табл. 2).

Наличие в объекте большого числа функциональных структур требует их классификации и расположения их относительно друг друга. При этом известно, что любой объект в зависимости от поставленной цели можно представить несколькими информационными моделями, отличающимися набором параметров и способом их представления.

Высотное здание как архитектурное сооружение можно рассматривать в виде системы из различных составляющих: функционального назначения, архитектурного и конструктивного решения, применяемых инженерных систем и оборудования. Решение объекта (функциональное назначение, архитектурное и конструктивное решения) и режим его эксплуатации зависят от внешних и внутренних факторов, таких как природно-климатические условия, объемно-пространственные и конструктивные решения и др.

Поскольку в моделировании имеются динамические и статические модели, основные факторы можно представить как *иерархическую систему*, состоящую из основных факторов – внешних и внутренних, а также подсистемы 1 – *динамической модели*, включающей внешние факторы, и подсистемы 2 *статической модели* – внутренние факторы. Далее по иерархии следуют классы, включающие многофакторные данные, такие как природно-климатические условия, функциональное назначение объекта, после чего в модели рассматриваются однофакторные данные – снеговые или ветровые нагрузки, специализированные или многофункциональные здания. При этом динамическая модель позволит увидеть изменение объекта во времени, например при расчете знакопеременной ветровой или сейсмической нагрузки, в случае надстройки высотного здания, перепроектирования объекта из гостиницы в жилое здание, также конструктивной системы здания и фасадной системы, изменяющихся в процессе эксплуатации и т. п.

В статической модели, где нет процессов изменений, можно учитывать внутренние факторы – функциональное назначение здания, анализировать архитектурно-планировочные, объемно-пространственные решения объекта.

В статической модели можно совершенно определенно выявить функциональное назначение здания, структуры и элементы, взаимосвязь и взаимозависимость друг от друга, определить функциональное зонирование внутри здания.

В свою очередь, из многофакторных данных можно построить функциональную статическую модель объектов –

Таблица 2

**Этапы моделирования**

**Постановка проблемы**

Описание проблемы  
Определение цели и задач исследования  
Анализ объектов

**Исследование факторов**

Внешние и внутренние факторы  
Функциональное назначение  
Природно-климатические факторы

**Разработка модели**

Информационная модель  
Функциональное назначение  
Динамическая модель  
Внешние факторы  
Статическая модель  
Внутренние факторы

**Компьютерное построение модели**

Объемно-пространственные модели  
Модели архитектурно-композиционных решений  
Модели фасадных решений

**Выработка критериев отбора и оценки качества решений**

Метод структурного анализа  
Таксономия  
Систематизация  
Квалиметрия

**Анализ результатов моделирования**

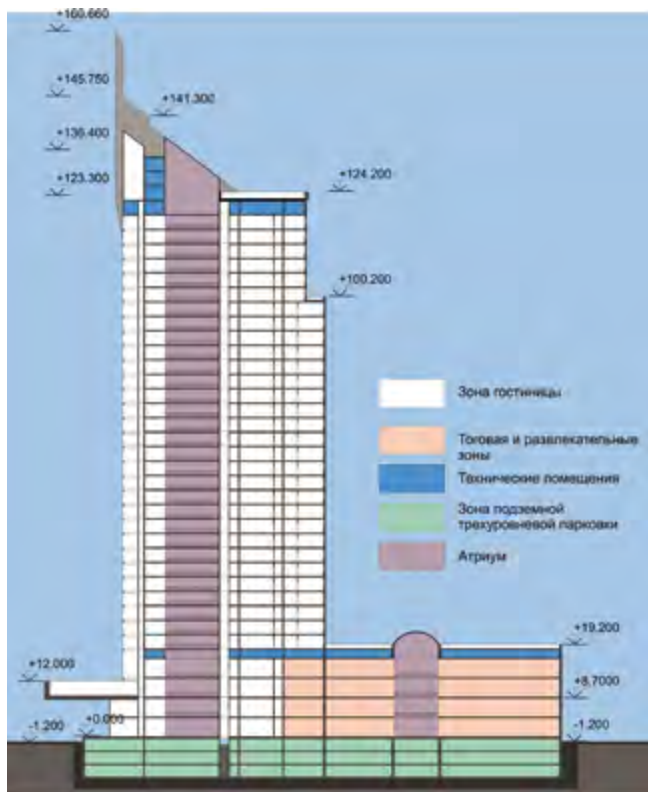
Выбор рациональных решений  
Номенклатура типов зданий  
Градостроительные ситуации  
Архитектурно-композиционные качества  
Фасадные системы  
Разработка методики проектирования

специализированных и многофункциональных высотных зданий.

Этапы моделирования можно представить в следующем виде:

- постановка проблемы;
- исследование факторов;
- разработка информационной модели;
- компьютерное построение модели;
- выработка критериев отбора и оценки качества архитектурно-технических решений;
- анализ результатов моделирования.

Метод моделирования высотного здания как объекта позволяет ранжировать факторы, влияющие на формирование архитектурной типологии; четко определить функциональное назначение здания; на основе структурного анализа, таксономии и других научно-практических методов



Структурная информационная модель любого высотного здания оценить принятые решения и на их базе разработать методику проектирования.

На выбор проектного решения высотного здания основное влияние оказывает его функциональное назначение. Функциональность может выражаться в архитектурном, конструктивном и инженерно-техническом смысле. Определено, что выполнение условий функционального назначения зданий, включая вспомогательные службы и создание оптимальных условий, с учетом архитектурных требований приводит к основному решению пространства с привязкой конструкции к планировочному решению.

Учитывая подход градостроителей к классификации высотных зданий и традиции отечественной архитектурной науки, типология рассматриваемых объектов может быть выполнена, основываясь на их функциональном назначении с учетом архитектурно-планировочных и архитектурно-художественных решений. Функциональное назначение здания определяется характером помещений, размещаемых в нем. Следовательно, для разработки вопросов типологии высотных зданий прежде всего требуется анализ их функционального состава, классификация помещений, входящих в него, выявление функционально-образующих элементов, их размещение в здании, взаимосвязи и взаимовлияние.

Помимо этого на объемно-пространственные решения высотных зданий большое влияние имеют ветровые нагрузки, температурно-влажностные воздействия, кроме того, необходимо учитывать вопросы установки и размещения инженерного оборудования, а также мероприятия по снятию или снижению психологического воздействия высоты на работающих или проживающих в высотных зданиях.

Рассматривая высотное здание с точки зрения формирования архитектуры объекта, можно выделить несколько существенных факторов, влияющих на него. Все факторы с точки зрения архитектуры можно классифицировать на главные и

второстепенные. К главным можно отнести такие существенные характеристики, как функциональное назначение, объемно-пространственное и архитектурно-планировочные решения, к второстепенным – конструктивную систему, инженерные системы и оборудование.

**Архитектурное решение** определяет композицию объемов и размеры, ритм форм, цветовое и световое решения, конструктивное решение, сочетание с окружающей застройкой, природой и ландшафтом, создание среды для человека. Поэтому учет функциональных требований является актуальной задачей при разработке проектного решения высотного здания.

**Инженерные системы и оборудование** обеспечивают комфортные условия пребывания в высотном здании (температурный, гигиенический, акустический режим). Размещение большого числа инженерных систем и оборудования, особенно лифтового хозяйства, требует значительных площадей и помещений. От рационального размещения инженерных систем во многом зависит «выход» полезной площади. Внутренние вертикальные транспортные средства в высотных зданиях являются дорогостоящими и занимают значительную часть площади застройки (около 18%).

Важным аспектом проектирования является **энергетическая концепция** здания – разработка проекта самодостаточного небоскреба, который вырабатывает столько энергии, сколько потребляет через оболочку здания и энергетического источника, расположенного в грунте. В здании «Коммерцбанка» во Франкфурте-на-Майне, например, оптимизация температурного комфорта достигается за счет компактных конструкций, оснащенных климатической оболочкой, что приводит к значительной экономии затрат при эксплуатации.

К важнейшим факторам обеспечения безопасности людей, находящихся внутри высотного здания, относится **противопожарная защита**. Требования к противопожарной защите могут значительно варьироваться в зависимости от функционального назначения здания, его высоты, конструктивных решений, средств и оборудования, применяемых при пожаре. Особенность эксплуатации для находящихся в высотных зданиях людей заключается в значительном затруднении их эвакуации при пожаре и трудностях при борьбе с пожаром. Единственным путем эвакуации в высотных зданиях являются лестницы, в которых с возрастанием числа этажей увеличивается опасность задымления. Таким образом, проектирование предполагает создание морфологической организации объемно-пространственной структуры высотного здания.

#### Список литературы

1. Магай А.А. Архитектурно-композиционные особенности высотных зданий // *Академический вестник УралНИИпроект РААСН*. 2015. № 4. С. 25–30.
2. Коротич М.А., Коротич А.В. Систематизация архитектурных форм высотных зданий: композиционный аспект // *Академический вестник УралНИИпроект РААСН*. 2009. № 1. С. 68–70.
3. Коротич А.В. Перспективные тектонические особенности построения объемов высотных зданий // *Академический вестник УралНИИпроект РААСН*. 2014. № 3. С. 68–70.
4. Коротич А.В. Актуальные аспекты развития современной высотной архитектуры // *Градостроительство*. 2013. № 2. С. 49–59.
5. Магай А.А., Дубынин Н.В. Архитектурно-художественный облик высотных зданий // *Архитектура и строительство России*. 2009. № 4. С. 22–29.

6. Магай А.А. Архитектура высотных зданий мира. Новосибирск: Карт Мастер, 2008. 140 с.
7. Граник Ю. Г. Строительство высотных зданий. М.: ОАО «ЦНИИЭП жилых и общественных зданий», 2010. 480 с.
8. Николаев С.В., Травуш В.И., Табунщиков Ю.А., Колубков А.Н., Соломанидин Г.Г., Магай А.А., Дубынин Н.В. Нормативная база высотного строительства в России // *Жилищное строительство*. 2016. № 1–2. С. 3–7.
9. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Особенности теплотехнического проектирования высотных зданий в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 «СНИП 23-02–2003 Тепловая защита зданий» // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2016. № 6 (982). С. 62–64.
10. Травуш В.И., Зенин С.А., Конин Д.В., Назаров Ю.П., Одесский П.Д., Попов Н.А., Соколов Б.С., Шулятьев О.А., Шулятьев С.О. К общественному обсуждению глав нового свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования», посвященных проектированию несущих конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2016. № 3. С. 31–37.

#### References

1. Magai A.A. Architectural and composite features of high rise buildings. *Akademicheskii vestnik UralNIiproekta RAASN*. 2015. No. 4, pp. 25–30. (In Russian).
2. Korotich M.A., Korotich A.V. Systematization of architectural forms of high rise buildings: composite aspect. *Akademicheskii vestnik UralNIiproekta RAASN*. 2009. No. 1, pp. 68–70. (In Russian).
3. Korotich A.V. Perspective tectonic features of creation of amounts of high rise buildings. *Akademicheskii vestnik UralNIiproekta RAASN*. 2014. No. 3, pp. 68–70. (In Russian).
4. Korotich A.V. Urgent aspects of development of modern high-rise architecture. *Gradostroitel'stvo*. 2013. No. 2, pp. 49–59. (In Russian).
5. Magai A.A., Dubynin N.V. Architectural and art image of high rise buildings. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii*. 2009. No. 4, pp. 22–29. (In Russian).
6. Magai A.A. *Arkhitektura vysotnykh zdaniy mira* [Architecture of high-rise buildings of the world]. Novosibirsk: Kart Master, 2008. 140 p. (In Russian).
7. Granik U.G. *Stroitel'stvo vysotnykh zdaniy* [Construction of high-rise buildings]. Moscow: ОАО «ЦНИИЭП жилых и общественных зданий», 2010. 480 p.
8. Nikolaev S.V., Travush V.I., Tabunshchikov Yu.A., Kolubkov A.N., Solomanidin G.G., Magai A.A., Dubynin N.V. The regulatory base of high-rise construction In Russia. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 1–2, pp. 3–7. (In Russian).
9. Umnyakova N.P., Butovskii I.N., Chebotarev A.G. Features of heattechnical design of high-rise buildings according to requirements of the set of rules 50.13330.2012 «Construction Norms and Regulations 23-02–2003 Thermal protection of buildings». *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki*. 2016. No. 6 (982), pp. 62–64. (In Russian).
10. Travush V.I., Zenin S.A., Konin D.V., Nazarov Yu.P., Odeskii P.D., Popov N.A., Sokolov B.S., Shulyat'ev O.A., Shulyat'ev S.O., To public discussion of chapters of the new set of rules «Buildings and complexes high-rise. Rules of design», the bearing designs devoted constructions. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016. No. 3, pp. 31–37. (In Russian).

**18-21 апреля** **Уфа 2017**

**ВЕСЕННИЙ ФОРУМ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ**

Специализированные выставки  
Инженерные сети. ЖКХ  
Строительство  
Недвижимость

fb v inst tg #стройбvk #строительнаявыставкауфа

КОМИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ДУМЫ РФ ПО ЖИЛИЩНОЙ ПОЛИТИКЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМУ ХОЗЯЙСТВУ  
ПРАВИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН  
МИНИСТЕРСТВО ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РБ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ  
БВК БАШКОРТОСТАН ИМСТАВКОМПАНИ  
ОДНОС СТРОИТЕЛЕЙ РБ  
ИТО СТРОИТЕЛЕЙ

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:  
**ВДНХЭКСПО**  
ул. Менделеева, 158

КОНТАКТЫ:  
+7 (347) 246-42-37  
+7 (347) 246-42-38

**БВК** БАШКОРТОСТАН ИМСТАВКОМПАНИ  
STROY@BVKEXPO.RU  
WWW.BVKEXPO.RU

УДК 69.07.

М.Н. ВАУЧСКИЙ, д-р техн. наук (wow\_2@mail.ru), А.М. БАКЕВИЧ, инженер  
Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения  
им. Генерала армии А.В. Хрулева (191023, г. Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, 22)

## Исследование эффекта обоймы несущих колонн

Приведена актуальность внедрения в строительную практику несущих металлобетонных (трубобетонных) колонн, при эксплуатации которых в полной мере проявляется эффект обоймы. Рассмотрены процессы, происходящие на различных стадиях нагружения металлобетонных колонн двух типов: нагрузка передается на все сечение колонны; нагрузка передаётся только на бетонное ядро, металлическая оболочка не нагружена. Приведены результаты среднemasштабного эксперимента, выполненного для подтверждения теоретических предпосылок с шестью сериями моделей несущих колонн разных типов и основные выводы, сформулированные на основании экспериментальных данных. Обоснован выбор наиболее перспективного типа металло-бетонных колонн, у которого при предельных нагрузках не только в полной мере проявляется эффект обоймы и ярко выраженный пластический характер разрушения, но и наблюдается высокая остаточная несущая способность (после приложения к конструкции предельных нагрузок, она сплющивается без потери устойчивости).

**Ключевые слова:** трубобетон, колонна, эффект обоймы, потеря устойчивости, металлобетонная колонна, нагружение.

M.N. VAUCHSKY, Doctor of Sciences (Engineering), (wow\_2@mail.ru), A.M. BAKEVICH, Engineer  
Military (Engineering) Institute of the Military Academy for Logistic named after General of the Army A.V. Khrulev  
(22, Zakhar'evskaya Street, Saint-Petersburg, 191023, Russian Federation)

### Study of Effect of a Casing of Bearing Columns

The actuality of introduction of bearing metal-concrete (tube-reinforced concrete) columns in the course of which operation an effect of the casing reveals itself is presented. Processes taking place at different stages of loading of metal-concrete columns of two types are considered: the load is transmitted to the whole cross-section of the column, the load is transmitted to the concrete core only, the metal casing isn't loaded. Results of the medium-scale experiment carried out to confirm the theoretical background with six series of models of bearing columns of different types, and main conclusions formulated on the basis of experimental data are presented. The choice of the most prospective type of metal-concrete column, which, at out-of-limit loads, reveals in full the effect of casing and pronounced plastic character of destruction and also the high residual bearing capacity is observed (after application of out-of-limit loads to the structure, it flattened without buckling) is substantiated.

**Keywords:** tube-reinforced concrete, casing effect, buckling, metal-concrete column, loading.

Одним из решений, способствующих уменьшению продолжительности работ и сокращению материальных затрат при строительстве, является использование эффекта обоймы при конструировании железобетонных колонн зданий и сооружений. В последнее время все большее распространение получают колонны, выполненные из стальных труб заполненных бетоном, – в них эффект обоймы проявляется наиболее полно. Такие колонны называются трубобетонными (далее – ТБК). ТБК являются удачным примером того, как сталь и бетон заметно повышают несущую способность друг друга и всего элемента в целом.

В результате проведения многочисленных испытаний исследователями [1–3] доказано, что несущая способность ТБК по сравнению с железобетонными колоннами больше в 1,4–2 раза. Величина упрочнения зависит от различных факторов: вид и прочность бетонного ядра, толщина стенки и прочность стали оболочки, геометрические характеристики поперечного сечения, гибкость, усадка бетонной смеси, эксцентриситет приложения нагрузки, степень предварительного обжатия бетонного ядра, способ передачи нагрузки на колонну. Степень влияния большинства этих факторов в значительной степени изучена и описана множеством отечественных и зарубежных авторов [1–10].

В настоящей работе рассматриваются особенности работы ТБК при различных способах передачи нагрузки на колонну. При этом ТБК можно разделить на два вида:

– ТБК первого вида (далее – ТБК 1) представляют собой конструкцию, в которой в сопротивлении сжимающему усилию участвуют бетонное ядро, упрочненное давлением стальной оболочки, и сама оболочка.

– в ТБК второго вида (далее, ТБК 2) вертикальную нагрузку воспринимает только бетонное ядро, а роль оболочки сводится к созданию реактивного бокового давления на ядро. При этом нагрузка на колонну передается через установленную на бетонное ядро прокладочную пластину.

Сама идея передачи нагрузки только на бетонное ядро возникла в результате поиска способов исключения в работе ТБК 1 одного из отрицательных свойств – отслоения оболочки от бетонного ядра на одном из этапов нагружения.

Для более глубокого понимания данной проблемы рассмотрим стадии работы ТБК 1 под нагрузкой, предложенные Л.К. Лукшой [3].

На первой стадии в связи с тем что коэффициент Пуассона стали и бетона неодинаков ( $\nu_{ст} = 0,33$ ;  $\nu_{бет} = 0,15–0,2$ ), под воздействием продольной нагрузки труба стремится расширяться в большей степени, чем ядро. На этой стадии вступают в действие силы сцепления стали и бетона, вызывая радиальные растяжения в ядре и оболочке (стоит отметить, что радиальное растяжение трубы может вызвать ее тангенциальное сжатие на всех стадиях нагружения). Так как силы сцепления малы, вскоре происходит отрыв обо-





Рис. 1. Круглые ТБК 2 под действием нагрузки



Рис. 2. Квадратные ТБК 2 под действием нагрузки

лочки от ядра под действием прогрессирующего Пуассоновского расширения.

Вторая стадия характерна тем, что бетон и металл работают в упругой области. Совместная работа происходит только в продольном направлении. На этой стадии из-за различных модулей деформаций, напряжения, возникающие в бетонном ядре, оказываются в несколько раз меньше, чем напряжения в оболочке. На этой стадии процесс отставания оболочки от бетонного ядра прогрессирует.

На третьей стадии начиная с момента появления в бетоне микротрещин происходит более интенсивное расширение бетонного ядра. Как только поперечные деформации бетона становятся больше поперечных деформаций стали, ядро начинает давить на стенки оболочки. В оболочке появляются поперечные напряжения, передающиеся на бетон. В результате оболочка препятствует чрезмерному расширению бетона, проявляя эффект обоймы. В бетоне продолжают развиваться микротрещины, однако, находясь в состоянии трехосного сжатия, он продолжает воспринимать нагрузку.

Третья стадия заканчивается, когда вследствие возрастающего давления со стороны ядра напряжения в металле оболочки достигают предела текучести. При этом в оболочке развиваются пластические деформации, что во внешне сопровождается появлением линий Чернова–Людерса.



Рис. 3. Общий вид испытания



Рис. 4. Электронный штангенциркуль на стойке

На второй стадии работы ядро и оболочка воспринимают нагрузку по отдельности, соответственно несущая способность элемента в целом снижается до двух раз. В подтверждение этому приведем реальный пример неэффективности применения трубобетонных элементов: при обследовании моста через реку Исеть было обнаружено отслаивание труб от бетона. Данное явление можно объяснить тем, что при эксплуатационных нагрузках конструкция находится во второй стадии работы.

Главной положительной характеристикой ТБК 2 является то, что в процессе их работы под нагрузкой фактически отсутствует вторая стадия. Такой эффект связан с тем, что стальная оболочка не подвергается сжатию, соответственно в ней не возникает поперечных деформаций.

Также стоит отметить, что третья стадия работы у ТБК 2 начинается раньше, чем у ТБК 1. Стальная оболочка начинает воспринимать усилия в ядре сразу же после появления в бетоне поперечных деформаций, соответственно эффект обоймы проявляется раньше.

У ТБК обоих видов наблюдается ярко выраженный пластический характер разрушения – они способны воспринимать часть критической нагрузки вплоть до потери общей устойчивости. Причем деформации укорочения, происходящие до потери устойчивости, могут составлять 15–20% от первоначальной длины колонн.



**Рис. 5.** Характер разрушения моделей обычных колонн при относительной деформации 0,005

Учитывая наличие теоретических предпосылок, дающих основания сделать вывод об эффективности ТБК 2, авторами были проведены экспериментальные исследования количественной оценки влияния способа передачи нагрузки на несущую способность ТБК. При проведении экспериментов также была осуществлена оценка влияния на эффект обоймы прочности бетонного ядра.

Эксперименты проведены на производственной базе ЗАО «ДСК», г. Псков. Для создания сжимающего усилия был использован пресс, способный создавать нагрузку до 2500 кН, имеющий расстояние между сжимающими пластинами чуть больше 1 м. Исходя из ограничений характеристик оборудования, на котором проводился эксперимент, было принято решение о проведении среднемасштабных экспериментов 1:3. Масштабированию подвергались ТБК диаметром 426 мм, высотой 3 м и обычные железобетонные колонны сечением 380×380 мм высотой 3 м.

При конструировании масштабных моделей были максимально возможно сохранены параметры полномасштабных ТБК. Однако в связи с ограничениями сортаментов и соображениями обеспечения местной устойчивости оболочки был несколько увеличен коэффициент армирования  $\mu$ . У полномасштабных колонн он составлял 4,22 %, а у моделей – 5,84%. В результате были изготовлены и испытаны следующие серии моделей (по 6 образцов в каждой серии):

- обычные квадратные колонны со стороной 124 мм, высотой 1 м,  $\mu = 5,84$  %, бетон В30, армирование каркаса выполнено восьмью стержнями арматуры АIII 12 мм;
- обычные квадратные колонны со стороной 124 мм, высотой 1 м,  $\mu = 5,84$  %, бетон В50, армирование каркаса выполнено восьмью стержнями арматуры АIII 12 мм;
- ТБК 1 диаметром 140 мм, высотой 1 м, бетон В30;
- ТБК 1 диаметром 140 мм, высотой 1 м, бетон В50;
- ТБК 2 диаметром 140 мм, высотой 1 м, бетон В30;
- ТБК 2 диаметром 140 мм, высотой 1 м, бетон В50.

В ТБК 2 круглого сечения передача нагрузки только на ядро обеспечивалась за счет установки на верхний торец ядра металлической пластины диаметром 131 мм, толщиной 10 мм (рис. 1, 2).

В процессе испытаний моделей колонн измерение деформаций осуществлялось с помощью электронного штангенциркуля, установленного на специально изготовленной стойке (рис. 3, 4). При этом фиксировались напряжения,



**Рис. 6.** Характер разрушения моделей ТБК при относительной деформации 0,05

возникающие при предельной деформации для неармированного бетона (1 мм), удвоенной предельной деформации (2 мм) и деформации, соответствующей разрушающим напряжениям.

Характер разрушения моделей обычных квадратных колонн на рис. 5, а ТБК1 и ТБК2 – на рис. 6. Как видно по фотографиям, модели ТБК отличаются значительно более высокой пластичностью при разрушении.

Сравнительный анализ эффективности ТБК проведен путем составления результатов, полученных в ходе экспериментов. В таблице приведены данные, полученные путем статистической обработки результатов испытания на сжатие трех серий моделей, изготовленных с использованием самоуплотняющейся бетонной смеси.

По результатам анализа данных, полученных в ходе эксперимента, сделаны следующие выводы.

1. Эффект обоймы позволяет увеличить несущую способность колонны до 47%. При этом, необходимо отметить, что в испытанных моделях обычных колонн был использован мощный армирующий каркас ( $\mu = 5,84\%$ ), который воспринял на себя около 36 % сжимающей нагрузки. В полномасштабных колоннах армирующий каркас воспринимает в лучшем случае несколько процентов сжимающей нагрузки. Таким образом, для ТБК 2 можно говорить об увеличении несущей способности полномасштабных колонн до 75%. При том, что для ТБК 1 показатели останутся неизменными так как в полномасштабных моделях относительная толщина стенки оболочки ( $\mu$ ) существенно меньше и, соответственно, она воспринимает меньшие сжимающие нагрузки. Это объясняется тем, что в состоянии объемного сжатия (в котором находится ядро ТБК под действием вертикальной нагрузки) бетон выдерживает существенно большие напряжения.

2. Эффективность ТБК 2 (у которых сжимающую нагрузку воспринимает только бетонное ядро) на 29% выше, чем у ТБК 1. Такой высокий показатель достигается за счет того, что оболочка работает только в поперечном направлении (давление ядра изнутри) и они вообще не деформируются в продольном направлении. Таким образом, не происходит отслаивания оболочки от ядра по всей плоскости соприкосновения, что позволяет эффекту обоймы проявиться в наибольшей степени.

3. Прочность ядра оказывает не слишком большое влияние на эффект обоймы. При использовании в ядре бетона

В50 эффективность обоймы становится выше на 4–8%, чем при ядре из бетона В30. Причем у ТБК 2 и в этом случае показатели более высокие, чем у ТБК 1. Такой эффект достигается за счет того, что способность бетонного ядра к упрочнению тем больше, чем больше давление со стороны оболочки. Давление, в свою очередь, возрастает в результате роста числа микротрещин в ядре, а наибольшая скорость появления трещин наблюдается в высокопрочных бетонах.

Также в ходе эксперимента был проанализирован характер деформаций, возникающих в ТБК под действием нагрузки. Установлено, что ТБК имеют ярко выраженный пластический характер разрушения по достижении предельного состояния, что исключает опасность внезапного разрушения конструкции в целом или отдельной ее части под действием критических нагрузок (сейсмические нагрузки, взрывная волна).

Таким образом, ТБК в целом являются более эффективной конструкцией, а разработка и совершенствование методик их расчета и конструирования позволит упростить процесс внедрения ТБК в отечественный строительный комплекс.

#### Список литературы

1. Афанасьев А.А., Курочкин А.В. Использование трубобетона в жилищном строительстве // *Промышленное и гражданское строительство*. 2011. № 3. С.14–15.
2. Борисов А.О. Усиление сжатых железобетонных колонн обоймами // *Жилищное строительство*. 2009. № 7. С. 8–9.
3. Лукша Л.К. Прочность трубобетона. Минск, 1977. 96 с.
4. Кришан А.Л., Мельничук А.С. Прочность трубобетонных колонн квадратного сечения. Магнитогорск: МГТУ, 2013.104 с.
5. Кришан А.Л., Сабиров Р.Р., Суровцов М.М. Исследование прочности гибких трубобетонных колонн. Магнитогорск: МГТУ, 2014. 86 с.
6. Кришан А.Л., Сабиров Р.Р., Суровцев М.М. Трубобетонные колонны круглого, кольцевого и квадратного поперечного сечения. Магнитогорск: МГТУ. 2014. 209 с.
7. Кришан А.Л. Трубобетонные колонны с предварительно обжатым ядром. Ростов-Н/Д: РГСУ. 2011. 372 с.
8. Резван И.В., Несветаев Г.В., Маклян Д.Р., Резван А.В. Несущая способность трубобетонных колонн с учетом дилатационного эффекта. Ростов-Н/Д: РГСУ, 2012. 187 с.
9. Серых И.Р., Чернышева Е.В. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных брусьев прямоугольного сечения с составной обоймой при сжатии и изгибе. Белгород: БГТУ. 2015. 107 с.
10. Фардиев Р.Ф., Мустафин И.И. Обеспечение совместной работы железобетонной обоймы с усиленным внецентренно нагруженным элементом // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2008. № 1. С. 96–99.
4. Krishan A.L., Mel'nichuk A.S. Prochnost' trubobetonnykh kolonn kvadratnogo secheniya [The strength of the pipe-concrete columns of square section]. Magnitogorsk: MG TU, 2013. 104 p.
5. Krishan A.L., Sabirov R.R., Surovtsov M.M. Ispol'zovanie prochnosti gibkikh trubobetonnykh kolonn [Investigation of the strength of flexible pipe-concrete columns]. Magnitogorsk: MG TU. 2014, 86 p.
6. Krishan A.L., Sabirov R.R., Surovtsev M.M. Trubobetonnye kolonny kruglogo, kol'tseвого i kvadratnogo poperechnogo secheniya [Round pipe-concrete columns, circular and square cross-section]. Magnitogorsk: MG TU, 2014. 209 p.
7. Krishan A.L. Trubobetonnye kolonny s predvaritel'no obzhatym yadrom [The pipe-concrete columns with pre-crimped the core]. Rostov-na-Donu: RGSU, 2011. 372 p.
8. Rezvan I.V., Nesvetaev G.V., Maklyan D.R., Rezvan A.V. Nesushchaya sposobnost' trubobetonnykh kolonn s uchetom dilatatsionnogo effekta [The bearing capacity of pipe-concrete columns considering dilatation effect]. Rostov-na-Donu: RGSU, 2012. 187 p.
9. Serykh I.R., Chernysheva E.V. Napryazhenno-deformirovanoe sostoyanie stalebetonnykh brus'ev pryamougol'nogo secheniya s sostavnoy oboymoy pri szhatii i izgibe [Stress-strain state of the steel-concrete beams of rectangular section with an integral clip in compression and bending]. Belgorod: BG TU, 2015. 107 p.
10. Fardiev R.F., Mustafin I.I. Stress-strain state of the steel-concrete beams of rectangular section with an integral clip in compression and bending. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2008. No. 1, pp. 96–99. (In Russian).

#### References

1. Afanas'ev A.A., Kurochkin A.V. Using the pipe-concrete in housing construction. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2011. No. 3, pp.14–15. (In Russian).
2. Borisov A.O. Strengthening of compressed concrete columns collars. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2009. No. 7, pp. 8–9. (In Russian).
3. Luksha L.K. Prochnost' trubobetona [The pipe-concrete strength]. Minsk. 1977. 96 p. (In Russian).

### ИНФОРМАЦИЯ

## Уважаемые авторы!

Приступая к оформлению статьи для публикации в журнале, внимательно ознакомьтесь с правилами и рекомендациями, размещенными на сайте издательства:

[www.rifsm.ru/page/7](http://www.rifsm.ru/page/7)

*Следуйте рекомендациям,  
и возжеланная публикация  
не заставит себя долго ждать!*

Информацию по оформлению подписки смотрите на странице:

[www.rifsm.ru/page/5](http://www.rifsm.ru/page/5)

УДК 624.154

И.Т. МИРСАЯПОВ, д-р техн. наук (mirsayapov1@mail.ru),  
И.В. КОРОЛЕВА, канд. техн. наук

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, 1)

## Прогноз длительной осадки основания высотного здания с использованием аналитических диаграмм деформирования грунта

При проектировании высотных зданий необходимо учитывать влияние этапов их возведения, т. е. последовательности загрузки основания, на изменение физико-механических свойств грунтов оснований. Расчет деформаций оснований фундаментов следует выполнять с учетом изменения свойств грунтов по сравнению с первоначальным (природным) состоянием. По результатам экспериментальных исследований авторов обоснована необходимость введения нового параметра, который позволил бы охарактеризовать механическое состояние грунта на любом этапе нагружения и мог использоваться при создании расчетных моделей. В качестве такого параметра принимается аналитическая диаграмма деформирования грунта в координатах  $\sigma_1$ - $\varepsilon_1$  для трехосного сжатия (где  $\sigma_1$  – вертикальные напряжения (девиатор),  $\varepsilon_1$  – линейные деформации при трехосном сжатии). Описана методика построения трансформированных диаграмм состояния грунта при длительном режимном трехосном нагружении. Полученная методика была апробирована при расчете деформаций основания фундамента высотного здания с учетом влияния этапности строительства и реологических свойств грунтов на изменение жесткости основания и, как следствие, на перераспределение усилий между отдельными элементами системы «грунтовое основание – фундамент – надземная часть здания».

**Ключевые слова:** длительное режимное трехосное нагружение, аналитическая диаграмма деформирования грунта, коэффициент постели, расчет осадки, высотное здание.

I.T. MIRSAYAPOV, Doctor of Sciences (Engineering) (mirsayapov1@mail.ru),  
I.V. KOROLEVA, Candidate of Sciences (Engineering)  
Kazan State University of Architecture and Engineering (1, Zelenaya Street, 420043 Kazan, Russian Federation)

### Forecast of Long Settlement of a High-Rise Building Footing with the Use of Analytical Diagrams of Soils Deformation

When designing high-rise buildings, it is necessary to account the influence of stages of their erection, this is the sequence of footing loading, on the change in physical-mechanical properties of footing soils. The calculation of deformations of foundation bases is made with due regard for the change in soils properties comparing with the initial (natural) state. On the basis of the results of experimental studies, the authors substantiate the necessity for introducing the new parameter which makes it possible to characterize the mechanical condition of the soil at any stage of loading and can be used for creating calculation models. An analytical diagram of soil deformation in coordinates « $\sigma_1$ - $\varepsilon_1$ » for triaxial compression (where  $\sigma_1$  – vertical stresses (deviator),  $\varepsilon_1$  – linear deformations under the triaxial compression) is adopted as this parameter. The procedure for constructing transformed diagrams of the soil state under the long performance triaxial loading is described. The procedure obtained was approved when calculating deformations of the foundation base of the high-rise building with due regard for the influence of staging of construction and rheological properties of soils on the change in the base rigidity and, as a result, on the redistribution of stresses among separate elements of the system “subsoil – foundation – above-ground part of the building”.

**Keywords:** long regime triaxial loading, analytical diagram of soil deformation, coefficient of subgrade resistance, settlement calculation, high-rise building.

В современных условиях грунтовые основания фундаментов зданий и сооружений подвергаются воздействию разного рода статических и динамических нагрузок при их различных сочетаниях. Существующие методы расчета оснований по деформациям разработаны для случая однократного кратковременного статического нагружения с постоянными параметрами на весь период эксплуатации. В реальных же условиях строительства и эксплуатации нагрузки на грунтовое основание прикладываются поэтапно по мере возведения здания или сооружения. При этом этапы активного нагружения в период строительства переходят в этапы длительной выдержки под нагрузкой.

Экспериментальные исследования (рис. 1, 2), проведенные авторами, показывают, что характер изменения

деформаций грунта при длительном режимном нагружении существенно отличается от результатов, полученных при кратковременном статическом нагружении, которые положены в основу существующих методов расчета осадок. В связи с этим возникает необходимость усовершенствования методики расчета осадок оснований фундаментов зданий с развитой подземной частью. Эта задача особенно актуальна для оснований фундаментов высотных зданий, сложенных глинистыми грунтами, напряженно-деформированное состояние которых меняется во времени и зависит от истории предшествующего нагружения [1–5].

Кроме того, в соответствии с современными требованиями расчет оснований высотных зданий необходимо выполнять с учетом совместного деформирования систе-

мы «грунтовое основание – фундамент – надземная часть здания», т. е. деформации (осадки) грунтового основания такого здания должны быть рассчитаны с учетом влияния жесткости надземной части здания.

Для расчета осадки высотного здания с учетом совместного деформирования вышеназванной системы за основу был принят модифицированный метод Пастернака [6] с

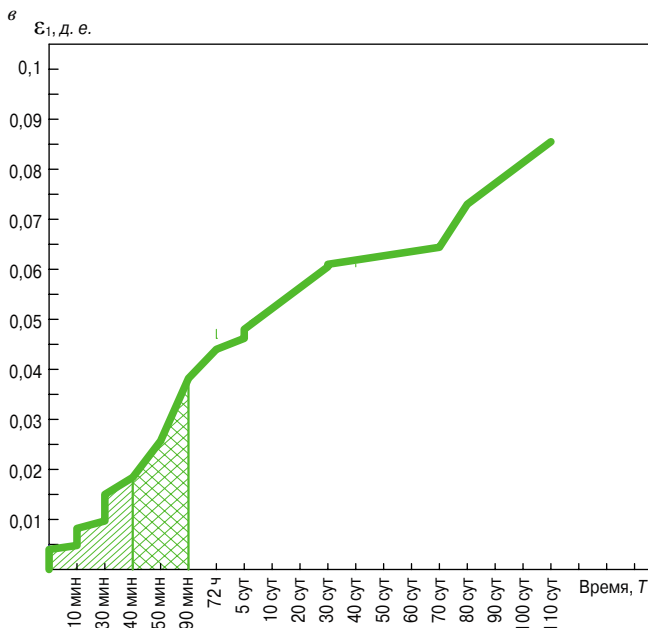
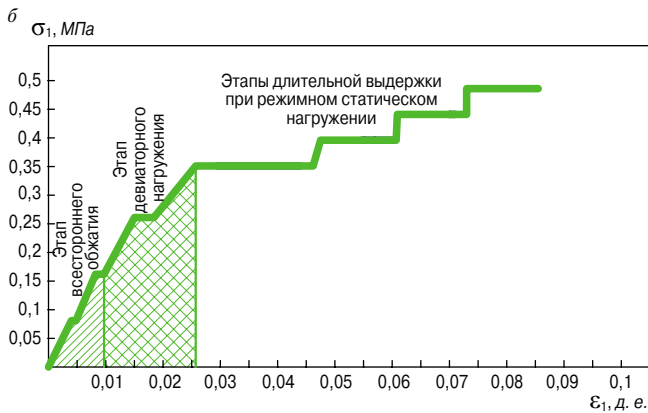
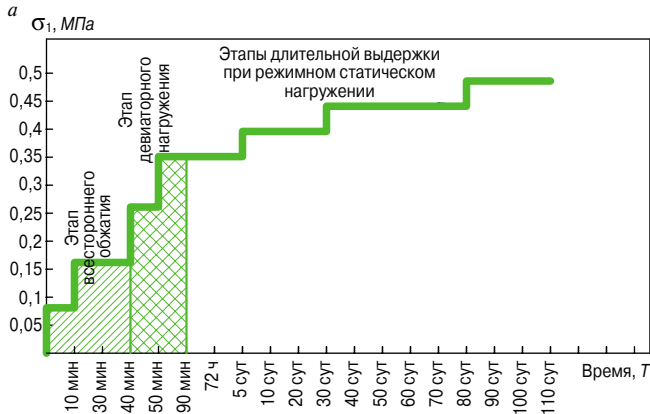


Рис. 1. Результаты экспериментальных исследований: а – режим нагружения; б – зависимость между средними напряжениями  $\sigma$  и относительными линейными деформациями  $\epsilon_1$ ; в – развитие относительных линейных деформаций во времени

учетом пространственного напряженно-деформированного состояния грунтов основания и изменения реологических свойств грунтов в условиях длительного режимного нагружения.

Как известно, метод Пастернака [6] описывает работу грунта с помощью коэффициента сжатия  $C_1$ , связывающего интенсивность вертикального отпора грунта с его осадкой, и коэффициента сдвига  $C_2$ , характеризующего вертикальные силы сдвига, возникающие в сыпучих и малосвязных грунтах вследствие зацепления и внутреннего трения между его частицами. Эти коэффициенты определялись по формулам:

$$C_1 = \frac{E_{гр}}{H_c(1-2\mu_{гр})}; \quad C_2 = \frac{C_1 \cdot H_c(1-2\mu_{гр})}{6(1+\mu_{гр})}, \quad (1)$$

где коэффициент Пуассона в пределах сжимаемой толщи:

$$\mu_{гр} = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i \cdot h_i}{H_c}. \quad (2)$$

При использовании модифицированного метода Пастернака [6] коэффициенты постели  $C_1$  и  $C_2$  определялись также по формулам (1), однако для определения среднего модуля деформации вводился поправочный коэффициент  $u$  к величине модуля деформации  $i$ -го подслоя. Этот коэффициент изменялся по закону квадратной параболы от  $u = 1$  на уровне подошвы фундамента до  $u = 12$  на уровне уже вычисленной границы сжимаемой толщи и определялся по формуле:

$$u = \frac{11z^2}{H_c^2} + 1.$$

При этом модуль деформаций основания вычислялся:

$$E_{гр} = \frac{H_c}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i E_i}{h_i}}. \quad (3)$$

Авторами предлагается видоизменить модифицированную модель Пастернака. В этом случае податливые свойства грунтов оснований при таких режимах учитываются в модели с помощью переменных по времени, по глубине и в плане коэффициентов постели  $C_1$  и  $C_2$ :

$$C_1 = \frac{E_{1(t,x)}}{H_c(1-2\mu_{гр})}; \quad C_2 = \frac{C_1 \cdot H_c(1-2\mu_{гр})}{6(1+\mu_{гр})}. \quad (4)$$

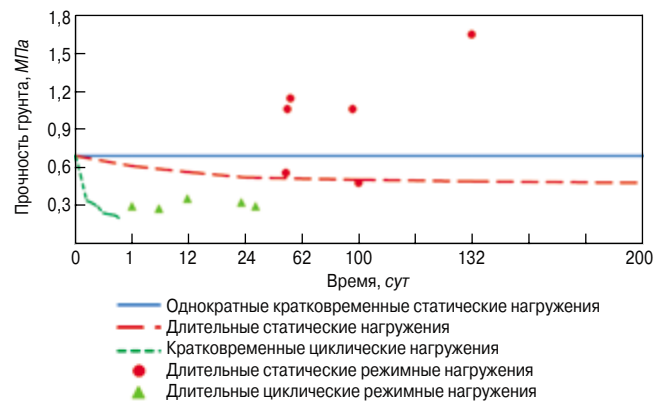


Рис. 2. Изменение прочности грунта при различных режимах нагружения

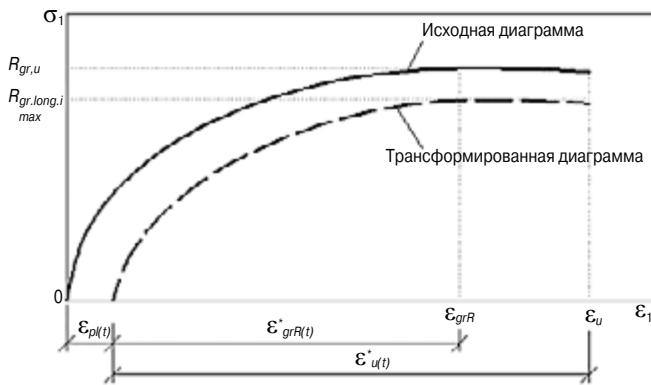


Рис. 3. Исходная (кратковременное статическое) и трансформированная (длительное статическое) аналитические диаграммы

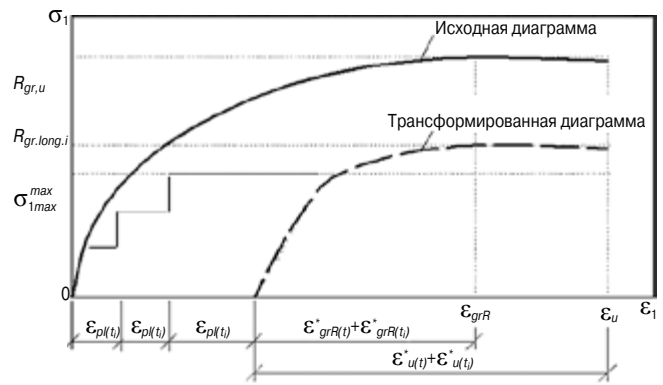


Рис. 4. Исходная (кратковременное статическое) и трансформированная (режимное длительное статическое) аналитические диаграммы

Предлагается модуль деформации в каждой точке сжимаемой толщи определять исходя из трансформированных диаграмм деформирования по выражению:

$$E_{1i}(t, \tau) = \frac{\Delta \sigma_{1i}(t, \tau)}{\Delta \epsilon_{1i}(t, \tau)}. \quad (5)$$

Тогда модуль деформации грунта для определения переменного коэффициента постели следует вычислять по формуле:

$$E_1(t, \tau) = \frac{H_c}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{u_i E_{1i}(t, \tau)}}. \quad (6)$$

Переменность коэффициентов постели обосновывается результатами экспериментальных исследований (рис. 1, 2) и разработанной авторами расчетной модели [1–4]; установлено, что при поэтапном нагружении происходит изменение всех оснований параметров, характеризующих напряженное и деформированное состояние грунтов во времени, что позволяет сделать вывод о необходимости разработки нового параметра, который позволил бы охарактеризовать механическое состояние грунта на любом этапе нагружения и мог использоваться при создании расчетных моделей. В качестве такого параметра принимается аналитическая диаграмма деформирования грунта в координатах  $\sigma_1 - \epsilon_1$  для трехосного сжатия (где  $\sigma_1, \epsilon_1$  – вертикальные напряжения (девиатор) и линейные деформации при трехосном сжатии).

Исходя из полученных графиков (рис. 1) построены **исходные диаграммы** (диаграммы состояния) деформирования грунтов при кратковременном трехосном статическом нагружении. В качестве предельной точки по координатам ( $\sigma$ ) принимается величина временного сопротивления  $\sigma_1 = R_{gr,u}$  (девиатора) грунта при трехосном кратковременном статическом сжатии. Предельной точкой по оси ординат ( $\epsilon$ ) принимается величина линейной деформации  $\epsilon_{u1} = 0,0869$ . Виды диаграмм представлены на рис. 3.

Характеристики грунтов основания фундамента

Таблица 1

№ ИГЭ	Наименование грунта	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$E$ , МПа	$\phi$ , град	$C$ , кПа
ИГЭ-6	Пески пылеватые плотные	2030	32	36	4
ИГЭ-7	Глина полутвердая	1960	23	23	67
ИГЭ-8	Суглинок тугопластичный	1940	22	26	43
ИГЭ-9	Глина твердая	1720	25	19	86

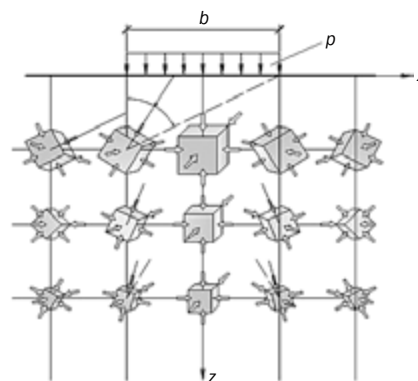


Рис. 5. Пространственное напряженно-деформированное состояние грунта

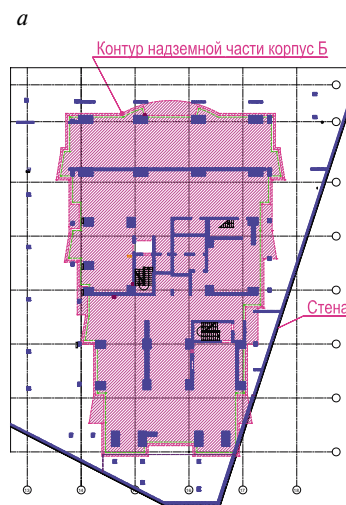
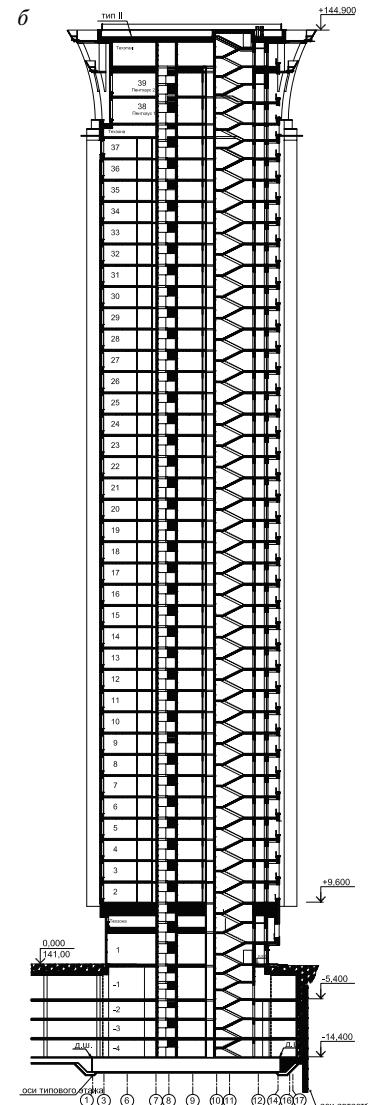


Рис. 6. Высотное здание жилого комплекса: а – контур исследуемого здания; б – разрез. Характеристики грунтов и конструкций здания приняты по материалам «Форум 100+. 2015»



Значения осадок и крена фундамента при различных методах вычисления коэффициентов постели

Таблица 2

Нестабилизированные значения средней, максимальной и минимальной осадок, а также общего крена здания составляют:			
Через 45 мес без учета влияния «стены в грунте» (75%P)			
$S_{cp} = 137$ мм	$S_{max} = 145$ мм	$S_{min} = 129,7$ мм	$i = 0,00026$
Через 45 мес с учетом влияния «стены в грунте» (75%P)			
$S_{cp} = 135,96$ мм	$S_{max} = 147,29$ мм	$S_{min} = 124,63$ мм	$i = 0,00038$
На момент приложения 100% нагрузки без учета влияния «стены в грунте»			
$S_{cp} = 215$ мм	$S_{max} = 226$ мм	$S_{min} = 205$ мм	$i = 0,00035$
На момент приложения 100% нагрузки с учетом влияния «стены в грунте»			
$S_{cp} = 214$ мм	$S_{max} = 235$ мм	$S_{min} = 193$ мм	$i = 0,00073$
Через 100 лет без учета влияния «стены в грунте» (100%P)			
$S_{cp} = 242,3$ мм	$S_{max} = 254,7$ мм	$S_{min} = 231,04$ мм	$i = 0,00035$
Через 100 лет с учетом влияния «стены в грунте» (100%P)			
$S_{cp} = 241,18$ мм	$S_{max} = 264,85$ мм	$S_{min} = 217,5$ мм	$i = 0,00073$

При рассмотрении диаграмм состояния глинистого грунта при трехосном длительно статическом нагружении в качестве исходных использованы диаграммы деформирования  $\sigma_1 - \varepsilon_1$  для случая трехосного кратковременного статического нагружения. Трансформируя исходную диаграмму состояния при трехосном кратковременном статическом нагружении, получим аналитические зависимости для описания диаграмм деформирования глинистого грунта при трехосном длительно статическом нагружении. По форме **трансформированные диаграммы** принимаются подобными исходной диаграмме состояния на основе следующих положений (рис. 3):

– предельной точкой вертикального давления в вершине диаграммы принимается напряжение в грунте, которое равно пределу длительного сопротивления при трехосном действии нагрузки  $R_{gr, long} = (t, \tau)$  и деформации, отвечающие деформациям в вершине диаграммы состояния при трехосном кратковременном статическом нагружении  $\varepsilon_{gr, red} = \varepsilon_{gr}$ ;

– для предельной точки, определяющей границы диаграмм состояния по оси ординат, деформации равняются предельным деформациям при трехосном кратковременном статическом нагружении  $\varepsilon_{gr, red} = \varepsilon_{gr, R}$ , а по основным зависимостям вычисляются напряжения в грунте;

– начало координат диаграмм принимается смещенным на величину, равную деформациям ползучести в рассматриваемый момент времени  $\varepsilon_{pl}(t)$  – при длительном статическом нагружении;

– полученные углы наклона диаграмм деформирования принимаются с учетом изменения модуля деформации глинистого грунта при трехосном длительно статическом нагружении.

На следующем этапе происходит трансформирование диаграммы для каждого блока длительного нагружения (рис. 4).

При описании режимов деформирования грунта в условиях трехосного нагружения необходимо учитывать влияние вертикального давления ( $\sigma_1$ ) предыдущего блока на прочность, модуль деформации и относительные деформации в вершине диаграммы при последующем нагружении после смены режима.

На основании полученных трансформированных аналитических диаграмм деформирования разработан метод

расчета осадок оснований высотных зданий, в основу которого положен метод послойного суммирования с учетом изменения пространственного напряженно-деформированного состояния грунтов в процессе трехосного режимного длительно-статического нагружения.

Исходя из полученных по диаграммам значений определяется модуль общих деформаций грунта в каждой точке основания (рис. 5), а затем уточняется значение коэффициента постели для каждой точки.

Предложенная методика использована при расчете осадок основания высотного здания, которое имеет каркасно-стенную систему, выполнено из монолитного железобетона и обладает следующими параметрами: общая высота 144,9 м (39 этажей); количество подземных этажей 4; глубина заложения фундамента 15,15 м; площадь плитного фундамента 1377 м<sup>2</sup>; колонны, внутренние и наружные стены подземной части выполнены с применением бетона класса В40, плиты перекрытий – В30, лестничные площадки и марши – В25; здание имеет распределительный технический этаж с плитой перекрытия толщиной 2100 мм, обеспечивающий передачу нагрузки с надземной части на подземную; толщина фундаментной плиты 2000 мм (рис. 6). Физико-механические характеристики инженерно-геологических элементов основания приведены в табл. 1.

Учитывая то, что через 35 и 45 мес с начала строительства нагрузка от здания составила 75% от полной, в расчете были приняты следующие нагрузки: нормативная нагрузка на типовой верхний этаж с учетом веса несущих конструкций 13,65 кПа; нормативная нагрузка на подземный этаж с учетом веса несущих конструкций 14,35 кПа; общий вес здания без учета веса фундамента 82620 т; среднее давление по подошве фундамента без учета его веса 60 т/м<sup>2</sup>; среднее давление под подошвой фундамента с учетом веса фундамента и пола 64,59 т/м<sup>2</sup>. Давление ветра не учитывалось.

Расчет осадки производился с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР 2014, реализующего метод конечных элементов [7]. При этом в структуре программы была создана пространственная модель всего здания, позволяющая автоматически передать нагрузку «основание».

Вблизи исследуемого здания существует ограждающая конструкция в виде монолитной железобетонной «стены в

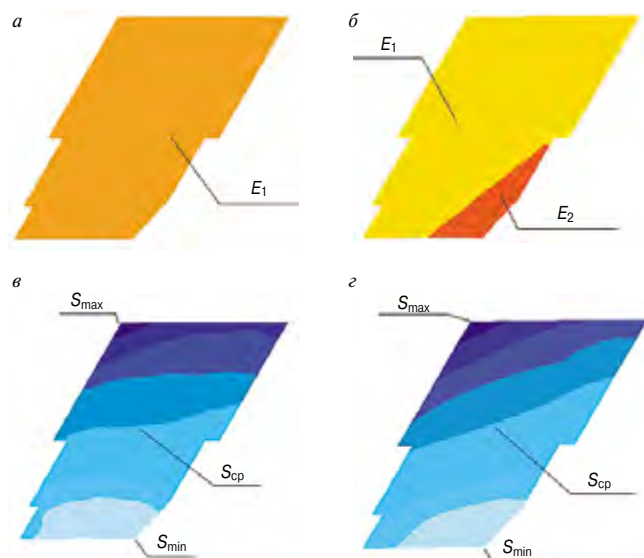


Рис. 7. Результаты расчетов: а — расчетное распределение коэффициентов постели без учета «стены в грунте»; б — то же с учетом «стены в грунте»; в, г — характерная картина вертикальных перемещений фундаментной плиты и основания без учета и с учетом влияния «стены в грунте»

грунте» толщиной 0,8 м и глубиной 35 м, обеспечивающая устойчивость стен котлована в период производства работ нулевого цикла (рис. 6, б). Учитывая, что грунты ниже подошвы фундамента в зоне примыкания «стены в грунте» находятся в стесненных условиях и подвергаются большему боковому давлению в процессе приложения вертикальных нагрузок от здания, можно предполагать, что параметры

#### Список литературы

1. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Расчетная модель длительного нелинейного деформирования глинистых грунтов при сложном напряженном состоянии // *Известия КГАСУ*. 2011. № 2 (16). С. 121–128.
2. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. (2011) Prediction of deformations of foundation beds with a consideration of long-term nonlinear soil deformation // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2011. Т. 48. № 4, pp. 148–157.
3. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Прочность и деформируемость глинистых грунтов при различных режимах трехосного нагружения с учетом трещинообразования // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2016. № 1. С. 5–10.
4. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Особенности деформирования глинистых грунтов при режимном нагружении // *Известия КГАСУ*. 2012. № 4 (22). С. 193–198.
5. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases // *Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground: Proc. intern. symp., Seoul, Korea, 25–27 August 2014*. Lieden: Balkema, 2014. Pp. 401–404.
6. Пастернак П.Л. Основы нового метода расчета на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели. М.: Госстройиздат, 1954. 56 с.
7. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. М.: АСВ, 2009. 360 с.

сжимаемости грунтов будут переменными. В расчете это было учтено путем введения различных коэффициентов постели под основной площадью фундамента и зоной влияния стены. При этом использовалась вышеизложенная модель грунта при трехосном нагружении с учетом изменения горизонтальных напряжений  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  из-за влияния ограждающей стенки котлована. Полученные результаты расчета отображены в табл. 2 и на рис. 7. Анализ результатов показал, что при учете работы «стены в грунте» картина деформирования фундаментной плиты качественно меняется. При этом наблюдается хорошая сходимость расчетных результатов с данными геотехнического мониторинга, проводимого НИИОСП им. Н.М. Герсеванова. На июль 2016 г. (45 мес с момента строительства) отклонение расчетных значений от данных мониторинга по средней осадке составило не более 13%.

#### Выводы.

1. Разработана методика расчета деформаций оснований высотных зданий с учетом этапности возведения здания с использованием аналитических диаграмм деформирования грунта при длительном трехосном режимном нагружении.
2. Выполненная апробация предложенной методики расчета осадок основания фундамента высотного здания на основе аналитических диаграмм деформирования грунта позволила получить результаты расчета, имеющие хорошую сходимость с данными мониторинга. Отклонение расчетной средней осадки от реальной составило не более 1% и не более 13% с данными, полученными за 35 и 45 мес мониторинга соответственно.

#### References

1. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Settlement model of long nonlinear deformation of clay soil at difficult tension. *Izvestiya KGASU*. 2011. No. 2 (16), pp. 121–128. (In Russian).
2. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. (2011) Prediction of deformations of foundation beds with a consideration of long-term nonlinear soil deformation. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2011. V. 48. No. 4, pp. 148–157.
3. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Prochnost and deformability of clay soil at various modes of three-axis loading taking into account a treshchinoobrazovaniye. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*. 2016. No. 1, pp. 5–10. (In Russian).
4. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Features of deformation of clay soil at regime loading. *Izvestiya KGASU*. 2012. No. 4 (22), pp. 193–198. (In Russian).
5. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases. *Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground: Proc. intern. symp., Seoul, Korea, 25–27 August 2014*. Lieden: Balkema, 2014, pp. 401–404.
6. Pasternak P.L. Osnovy novogo metoda rascheta na uprugom osnovanii pri pomoshchi dvukh koeffitsientov posteli. [Bases of a new method of calculation on the elastic basis by means of two coefficients of a bed]. Moscow: Gosstoyizdat, 1954. 56 p.
7. Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Komp'yuternye modeli konstruksii [Computer models of designs]. Moscow: ASV, 2009. 360 p.



УДК 624

Н.С. СОКОЛОВ, канд. техн. наук, директор (forstnpf@mail.ru),  
С.Н. СОКОЛОВ, инженер, зам. директора по науке,  
А.Н. СОКОЛОВ, инженер, зам. директора по производству  
ООО НПФ «ФОРСТ» (428000, Чебоксары, ул. Калинина, 109а)

## Опыт использования буроинъекционных свай ЭРТ при ликвидации аварийной ситуации общественного здания

*Рассмотрен случай необдуманного строительства двухэтажного кирпичного здания в зоне геотехнического влияния эксплуатируемого здания, приведшего его в аварийное состояние. Своевременно принятые противоаварийные мероприятия, включающие усиление основания с помощью буроинъекционных свай ЭРТ и страховочных мероприятий, таких как устройство предварительно напряженных затяжек из восьми рядов высокопрочной арматуры, ограждающей подпорной стены из двух рядов буроинъекционных свай ЭРТ  $\varnothing 350$  мм, изготовленных по электроразрядной технологии со стороны алтаря, позволили сохранить памятник архитектуры федерального значения от обрушения.*

**Ключевые слова:** деформационные трещины, скорость деформаций, буроинъекционная свая, электроразрядная технология, чрезвычайная комиссия.

N.S. SOKOLOV, Candidate of Sciences (Engineering), Director (forstnpf@mail.ru), S.N. SOKOLOV, Engineer, Deputy Director for Science,  
A.N. SOKOLOV, Engineer, Deputy Director for Production (forstnpf@mail.ru),  
ООО НПФ «FORST» (109a, Kalinina Street, 428000, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation)

### Experience in the Use of Bored-Injection Piles ERT When Eliminating Emergency Situation of a Public Building

The case of ill-judged construction of the two-storey brick building in the zone of geotechnical influence of the operated building that brought it into the critical situation is considered. Well timed taken emergency prevention measures, which include the strengthening of foundation with the help of bored-injection piles ERT and such safety measures as the arrangement of pre-stressed ties of eight high-tensile reinforcement rows, enclosing retaining wall of two rows of  $\varnothing 350$  bored-injection piles ERT produced according to the electric-discharge technology from the side of the altar, made it possible to keep the architectural monument of the federal building from collapsing.

**Keywords:** strain cracks, strain rate, bored-injection piles, electric-discharge technology, extraordinary commission.

Любое предполагаемое строительство [1–4] в зоне геотехнического влияния требует особого рассмотрения как на этапе принятия проектного решения, так и на этапе возведения. Должны быть проанализированы все возможные строительные риски. В настоящей статье приводится наглядно демонстрирующий пример пренебрежения законами механики грунтов, геотехники и технологии возведения зданий и сооружений, в результате чего возникла аварийная ситуация.

Так, в апреле 2004 г. на наружных стенах здания Введенского кафедрального собора в Чебоксарах появились вертикальные трещины (рис. 1) деформационного характера. Первые дефекты появились на уровне чердака на стенах северной и южной частей собора, таким образом, здание храма раскололось на две части. Скорость раскрытия трещин достигла 10–15 мм/сут. Создалась аварийная ситуация, приведшая к возможному его обрушению. Оперативно созданная чрезвычайная комиссия констатировала, что причиной аварийных деформаций собора стало влияние строительства здания резиденции владыки Чебоксарской и Чувашской епархий со стороны алтаря на близком расстоянии от храма. Возведение двухэтажного кирпичного здания на ленточных фундаментах со сборными многослойными плитами перекрытий было начато осенью 2003 г.

В апреле 2004 г. оно имело только фундаменты без перекрытия цокольного этажа, т. е. его основание на протяжении всего зимнего периода 2003–2004 гг. находилось в замороженном состоянии. Таким образом, деформация собора началась как раз на период оттаивания основания.

Комиссия установила, что скорее всего здание собора пришло в движение в результате процесса выдавливания грунтов из-под подошвы фундаментов.

Оперативно были организованы следующие мероприятия: геотехнический мониторинг за развитием трещин (рис. 2); обследование технического состояния аварийного здания с целью выявления остаточной несущей способности, а также инженерно-геологические изыскания.

Сооружение Введенского кафедрального собора (1651 г.) представляет собой кирпичное здание с размерами в плане 37,4×35,3 м (рис. 1). Оно состоит из основной части – храма высотой 13 м с апсидой высотой до 4,5 м, трех приделов с апсидами. Высоты приделов 4,2–4,5 м. Апсида представляет собой полукруглые в плане выступы, перекрытые сводом и ориентированные на восток.

Фундаменты собора мелкого заложения – ленточные буртовые на известковом растворе. Глубина заложения 2–2,4 м.

Одним из пунктов осуществления противоаварийных мероприятий стала разработка рабочего проекта усиления основания фундаментов.



Рис. 1. Трещина над оконным проемом храма (северный фасад)

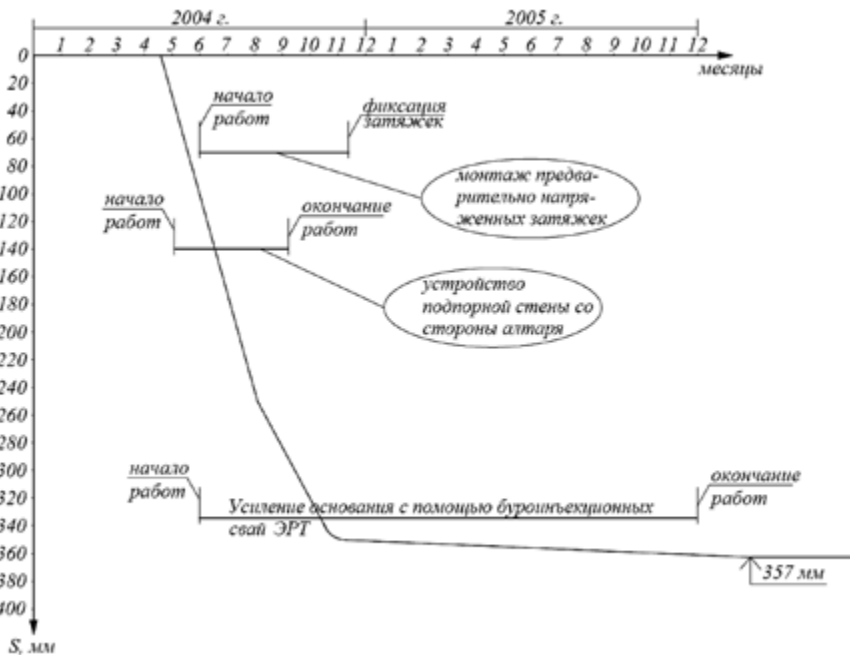


Рис. 2. График раскрытия деформационной трещины на уровне карниза стены северного фасада (маяк I)

По результатам изысканий, выполненных ГУП «Чуваш-ГИИЗ» в 2004 г., на территории Введенского собора залегают следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ): **ИГЭ 1** – насыпной грунт ( $tQ_{IV}$ ), залегающий до глубины 0,8–1,8 м. Распространен повсеместно вокруг здания вне основания фундамента; **ИГЭ 2** – лессовый суглинок ( $prQ_{III}$ ), обладающий просадочными свойствами на всю глубину, в основном тугопластичной консистенции (с числом пластичности  $I_p=9\%$ ). Распространен по всей площадке до глубины 4–6,5 м. Величина его относительной просадочности  $\epsilon_{si}$  изменяется от 0,01 до 0,032 при замачивании под нагрузкой 0,2 МПа, а начальное просадочное давление  $P_{si}$  – от 0,055 до 0,2 МПа. Тип грунтовых условий по просадочности – первый; **ИГЭ 2а** – лессовый суглинок ( $prQ_{III}$ ) мягкотекучепластичной консистенции, в целом непросадочный ( $\epsilon_{si}=0,0072$ ), сохраняющий слабые просадочные свойства в редких малых объемах грунта. Распространен преимущественно в восточной части площадки; **ИГЭ 3** – пролювиально-делювиальный суглинок ( $pdQ_{III}$ ) от полутвердой до тугопластичной консистенции, в восточной части – мягкопластичной консистенции. Залегает повсеместно, увеличиваясь по мощности до 4,5 м в северной части площадки; **ИГЭ 4** – дресва и щебень ( $pdQ_{III}$ ) с песчанисто-суглинистым заполнителем; **ИГЭ 5** – глинистый алеврит ( $P_2t$ ). Вскрыт в южной части. Имеет мощность около 1 м; **ИГЭ 6** – пылеватый песок ( $P_2t$ ) с прослойками мелкого песка.

В таблице приведены физико-механические характеристики грунтов, слагающих исследуемую площадку, а на рис. 3 – инженерно-геологический разрез.

Анализируя результаты инженерно-геологических изысканий, можно сделать вывод об ухудшении физико-механических свойств грунтов основания. Особо следует обратить внимание на низкое значение модуля общей деформации  $E_s=2,1$  МПа, для слоя 2а – суглинка лессового мягкотекучепластичной консистенции ( $prQ_{III}$ ).

Решением чрезвычайной комиссии по разработке противоаварийных мероприятий НПФ «ФОРСТ» поручена раз-

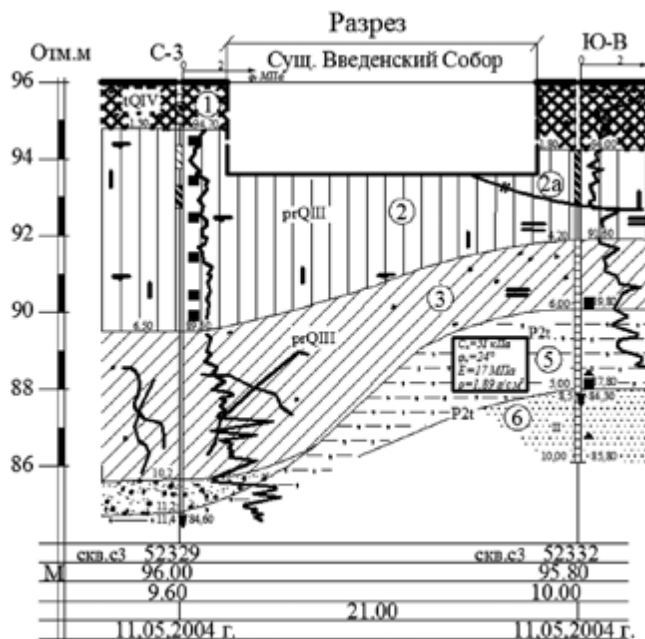


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез

работка проекта усиления основания фундаментов здания собора, включая приделы и алтарь. Рассматривались два типа буронагреционных свай: буронагреционные сваи, изготовляемые без уплотнения стенок скважины, и буронагреционные сваи с уплотнением грунта стенок скважины – сваи ЭРТ. Определяющим фактором принятия решения по выбору типа буронагреционной сваи явилась их несущая способность. Так, несущая способность буронагреционной сваи ЭРТ по грунту превышает ориентировочно на 65% несущую способность буронагреционной сваи без уплотнения стенок скважины. Известно, что при проведении работ по реконструкции или при необходимости устройства буронагреционной сваи усиления вследствие недостаточности

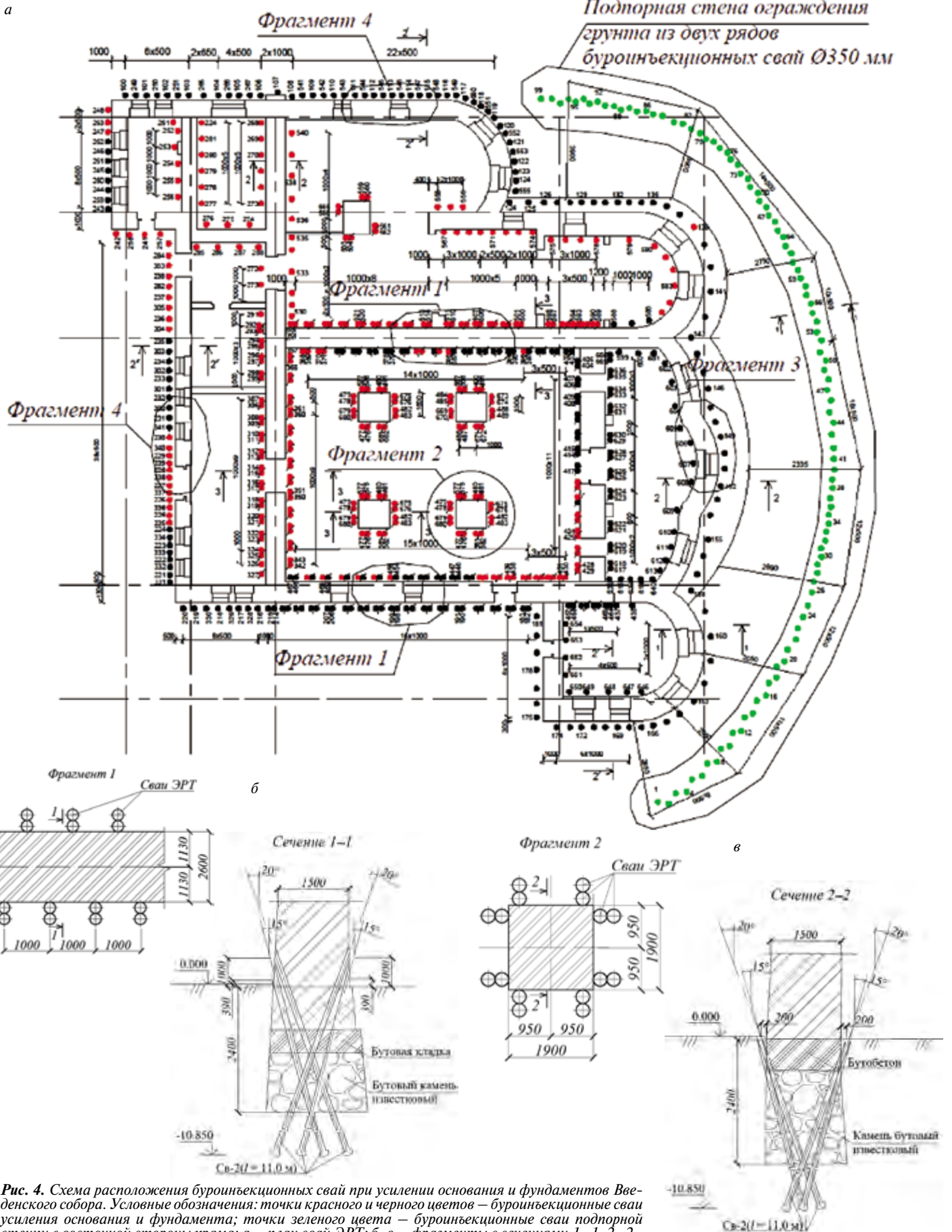


Рис. 4. Схема расположения буриньекционных свай при усилении основания и фундаментов Введенского собора. Условные обозначения: точки красного и черного цветов – буриньекционные сваи усиления основания и фундамента; точки зеленого цвета – буриньекционные сваи подпорной стенки с восточной стороны храма: а – план свай ЭРТ; б, в – фрагменты с сечениями 1-1, 2-2

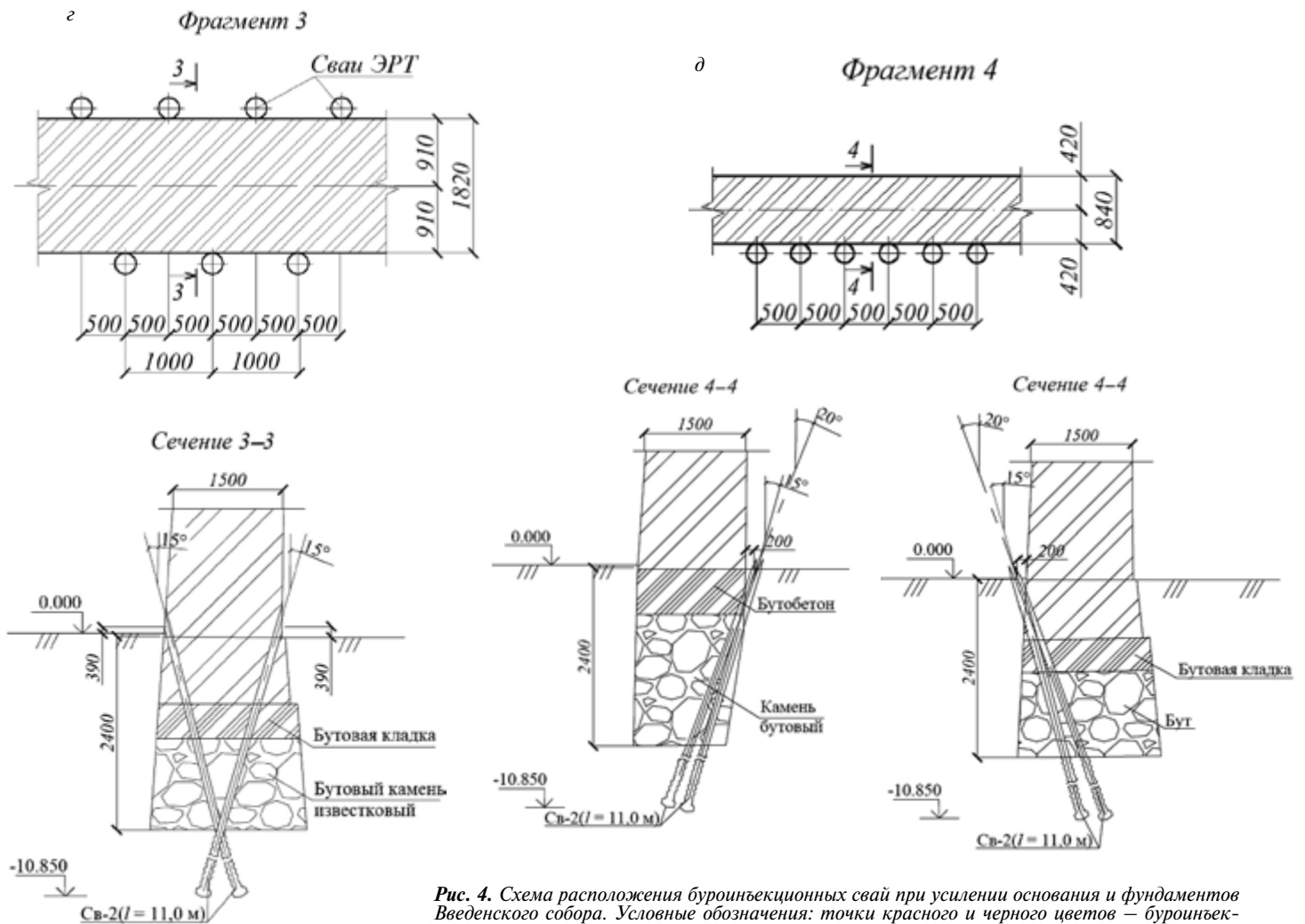


Рис. 4. Схема расположения буринъекционных свай при усилении основания и фундаментов Введенского собора. Условные обозначения: точки красного и черного цветов – буринъекционные сваи усиления основания и фундамента; точки зеленого цвета – буринъекционные сваи подпорной стенки с восточной стороны храма; г, д – фрагменты с сечениями 3–3, 4–4

№ ИГЭ	Наименование ИГЭ	$R_0$ , кПа	Нормативные характеристики				Расчетные характеристики при $\alpha = 0,85/0,95$			
			$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$C$ , кПа	$\varphi$ , град	$E$ , МПа	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$C$ , кПа	$\varphi$ , град	$E$ , МПа
1	Насыпной грунт ( $tQ_{IV}$ )	100	–	–	–	–	–	–	–	–
2	Суглинок лессовый тугопластичный просадочный ( $prQ_{III}$ )	–	1,9	16 12	20 15	5,8	$\frac{1,89}{1,87}$	$\frac{12}{10} / \frac{10}{9}$	$\frac{19}{18} / \frac{14}{13}$	5,8
2а	Суглинок лессовый мягкотекучепластичный ( $prQ_{III}$ )	–	1,9	10	14	2,1	$\frac{1,86}{1,83}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{13}{12}$	2,1
3	Суглинок пролювиально-делювиальный ( $pdQ_{III}$ )	–	1,96	44	19	14	$\frac{1,93}{1,91}$	$\frac{36}{31}$	$\frac{17}{16}$	14
4	Древесина и щебень ( $pdQ_{III}$ )	400	–	–	–	–	–	–	–	–
5	Алеврит глинистый ( $P_2t$ )	–	1,91	51	24	17	$\frac{1,89}{1,87}$	–	–	17
6	Песок пылеватый ( $P_2t$ )	–	1,73	7	32	27	$\frac{1,71}{1,7}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{30}{29}$	27

\*  $R_0$  – условное расчетное сопротивление грунта по СНиП 2.02.01.01–83\*;  $\rho$  – плотность;  $C$  – удельное сцепление;  $\varphi$  – угол внутреннего трения;  $E$  – модуль деформации; в числителе приведены значения при естественной влажности, в знаменателе – значения для водонасыщенного состояния.

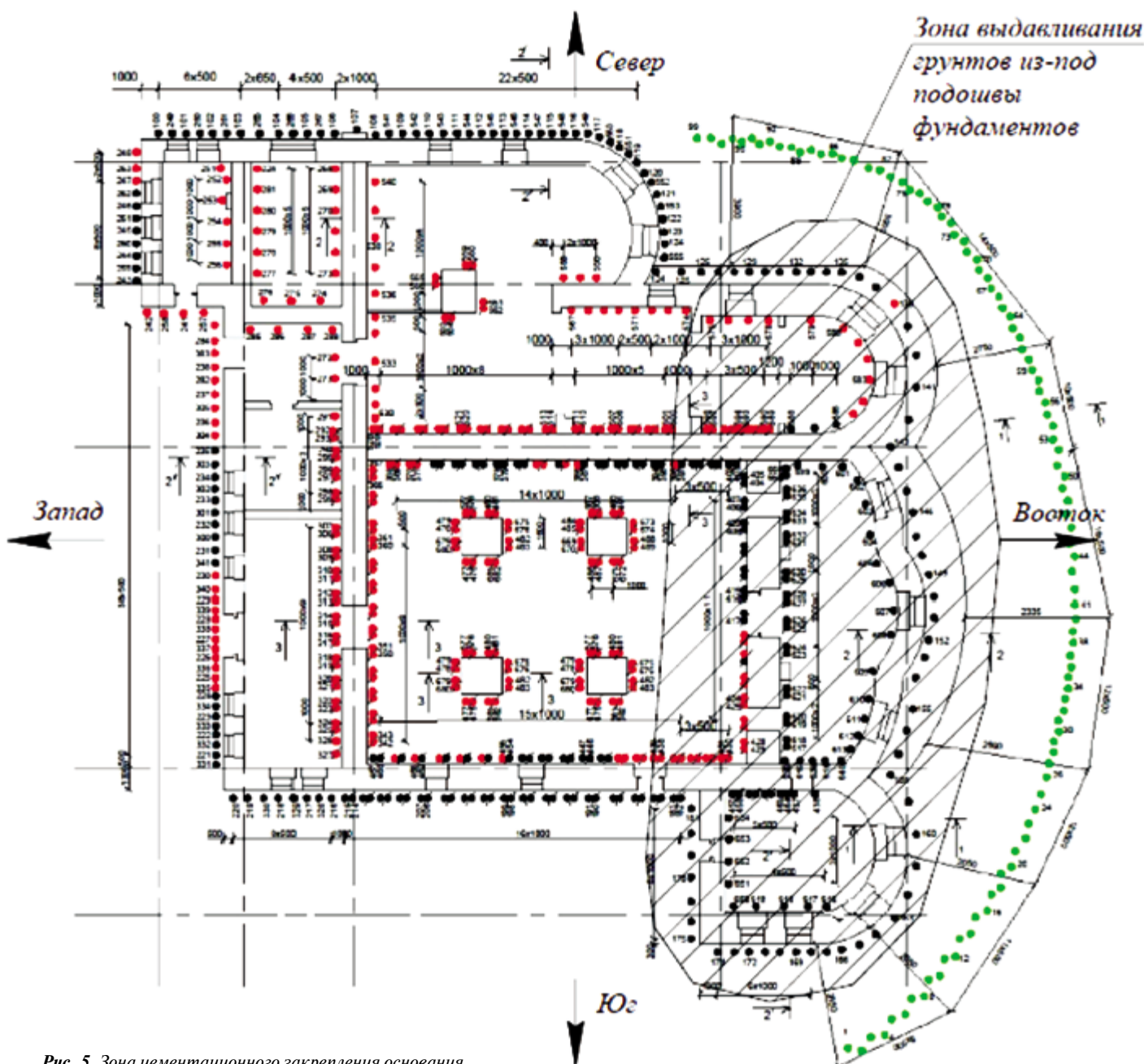


Рис. 5. Зона цементационного закрепления основания

несущей способности основания руководствуются следующим алгоритмом: 1) проверяется удовлетворение условию  $P_{11m} \leq R$ , где  $P_{11m}$  – среднее давление под подошвой фундамента;  $R$  (СП 50-102–2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов») – расчетное сопротивление несущего слоя основания; 2) при неудовлетворении условию в п. 1 определяется внешняя нагрузка на уровне центра тяжести подошвы фундамента, необходимая для передачи на буронабивные сваи  $N = P_{доп} \cdot A = \left( \frac{P_{11m} - R}{R} \right) A$ , где  $A$  – площадь подошвы для столбчатых фундаментов  $A = l \cdot b$ , а для ленточных  $A = b \cdot l$ .

Исходя из вышесказанного количество свай без уплотнения в 1,6 раза больше буронабивных свай ЭРТ. Учитывая, что стоимость одного погонного метра вышеназван-

ных свай ненамного отличается друг от друга, стоимость работ по усилению основания возросла бы в 1,6 раза.

Таким образом, в качестве варианта усиления принята буронабивная свая ЭРТ длиной 11 м (с учетом заделки в коренные грунты и прохождения колонковым бурением тела фундамента глубиной 2,5 м  $\varnothing 180$  мм). При этом количество свай в пределах площади собора различное, например: под апсидой 2 сваи/м; под стенами храма – 4 сваи/м; под стенами сводов – 16 свай. Всего запроектировано более 800 буронабивных свай ЭРТ (рис. 4).

Гипотеза, предложенная авторами о том, что деформация собора произошла в результате выдавливания грунта из-под подошвы фундаментов, подтвердилась в процессе производства работ по усилению основания. Она оказалась справедливой для участка плана собора от стены иконост-

са до алтаря включительно (рис. 3) (в сторону пристроя резиденции владыки). Вероятность выдавливания оказалась высокой вследствие наличия под подошвой фундаментов собора суглинка мягкотекучепластичной консистенции с модулем общей деформации  $E_0=2,1$  МПа.

При устройстве буроналивных свай ЭРТ [5] вдоль стены иконостаса обнаружены сверхнормативные расходы мелкозернистого бетона. Так, например, при геометрическом объеме сваи  $\approx 0,3$  м<sup>3</sup> расход бетона доходил до 5 м<sup>3</sup>. Следует отметить на отсутствие убывания уровней в скважинах, заполненных бетоном до электрогидравлической обработки. При электрогидравлической обработке на уровне подошвы фундаментов обнаружено резкое понижение уровней, что подтверждает наличие пустот под подошвой, тем самым происходит заполнение пустот мелкозернистым бетоном. В результате произведенных работ по устройству буроналивных свай ЭРТ одновременно произошло цементационное закрепление основания фундаментов стены иконостаса и алтаря (рис. 5).

**Одновременно** (опять же из предпосылки выдавливания грунта из-под подошвы фундаментов) разработан проект ограждения грунта из двух рядов буроналивных свай с шагом 0,5 м между ними,  $\varnothing 350$  мм, с устройством обвязочным поясом по верху свай (рис. 4, а), а также выполнено усиление здания с помощью предварительно напряженных затяжек из восьми рядов на уровне карниза.

#### Выводы.

1. Рассмотренная аварийная ситуация возникла в результате строительства здания резиденции владыки Чебоксарской и Чувашской епархий в зоне геотехнического влияния, следствием этого в апреле 2004 г. на наружных

поверхностях стен здания Введенского кафедрального собора в Чебоксарах появились вертикальные трещины деформационного характера. Возникшие дефекты на уровне чердачных перекрытий и развившиеся далее на северных и южных фасадах дефекты раскололи здание на две части в направлении запад–восток. Таким образом, возникла угроза обрушения здания Введенского кафедрального собора.

2. Скорость развития трещин установилась в интервале 10–15 мм/сут. Срочно созданная чрезвычайная комиссия по разработке противоаварийных мероприятий по спасению памятника истории и культуры федерального значения установила, что причиной деформации собора явилось влияние строительства здания резиденции владыки Чебоксарской и Чувашской епархий рядом с храмом. Срочно были произведены работы: 1) инженерно-геологические изыскания; 2) обследовано техническое состояние здания собора; 3) разработаны противоаварийные мероприятия, включающие **усиление** основания фундаментов, **усиление** здания с помощью предварительно напряженных затяжек из восьми рядов высокопрочной винтовой арматуры по наружному периметру на уровне карниза.

В результате проведенных инженерно-геологических изысканий и результатов технического обследования выявлено наличие полостей под подошвой фундаментов восточных частей здания (стена с царскими воротами, стены алтаря).

3. Осуществление разработанных противоаварийных мероприятий позволило предотвратить предаварийную ситуацию. При достижении раскрытия максимальной трещины до 357 мм деформации собора прекратились. Собор эксплуатируется до настоящего времени безаварийно.

#### Список литературы

1. Соколов Н.С., Петров М.В., Иванов В.А. Проблемы расчета буроналивных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии // *Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014)*. Чебоксары. 2014. С. 415–420.
2. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об одном методе расчета несущей способности буроналивных свай ЭРТ // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2015. № 2. С. 10–13.
3. Улицкий В.М. Геотехническое сопровождение реконструкции городов. М.: АСВ, 1999. 327 с.
4. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Особенности устройства и расчета буроналивных свай с многоместными уширениями // *Геотехника*. 2016. № 3. С. 4–8.
5. Соколов Н.С., Рябинов В.М. Об эффективности устройства буроналивных свай с многоместными уширениями с использованием электроразрядной технологии // *Геотехника*. 2016. № 2. С. 28–32.
6. Соколов Н.С., Викторова С.С., Федорова Т.Г. Сваи повышенной несущей способности // *Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» (НАСКР-2014)*. Чебоксары. 2014. С. 411–415.

#### References

1. Sokolov N.S., Petrov M.V., Ivanov V.A. Calculation problems the buroinjeksionnykh of the piles made with use of digit and pulse technology. *Materials of the 8<sup>th</sup> All-Russian (the 2<sup>nd</sup> International) the «New in Architecture, Designing of Construction Designs and Reconstruction» conference (NASKR-2014)*. Cheboksary. 2014, pp. 415–420. (In Russian).
2. Sokolov N.S., Ryabinov V.M. About one method of calculation of the bearing capability the buroinjeksi-onnykh svay-ERT. *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov*. 2015. No. 1, pp. 10–13. (In Russian).
3. Ulitskiy V.M. Geotekhnicheskoe soprovozhdenie rekonstruktsii gorodov [Geotechnical support of urban renewal]. Moscow: ASV, 1999. 327 p. (In Russian).
4. Sokolov N.S., Ryabinov V.M. Features of the device and calculation the buroinjeksionnykh of piles with manyplaced broadenings. *Geotechnica*. 2016. No. 3, pp. 4–8. (In Russian).
5. Sokolov N.S., Ryabinov V. M. About efficiency of the device the buroinjeksionnykh of piles with multi-seater broadenings with use of electro-digit technology. *Geotechnica*. 2016. No. 2, pp. 28–32. (In Russian).
6. Sokolov N.S., Viktorova S.S., Fedorova T.G. Piles of the raised bearing capability. *Materials of the 8<sup>th</sup> All-Russian (the 2<sup>nd</sup> International) the «New in Architecture, Designing of Construction Designs and Reconstruction» conference (NASKR-2014)*. Cheboksary. 2014, pp. 411–415.

УДК 621.6.072

А.В. ГРАНОВСКИЙ<sup>1</sup>, канд. техн. наук (arcgran@list.ru); А.Л. МОЧАЛОВ<sup>2</sup>, инженер

<sup>1</sup> ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО НИЦ «Строительство» (109428, Москва, ул. 2-я Институтская, 6, к. 1)

<sup>2</sup> ООО «Бюро внедрения» (129085, Москва, ул. 3-я Мытищинская, 3, стр. 1)

## Новое конструктивное решение арматурного каркаса узловых зон железобетонных плит с применением листового проката

*Предложено новое конструктивное решение узловых зон опирания монолитных железобетонных плит перекрытия на колонны и колонн на фундаментные плиты в зданиях различного назначения. В качестве альтернативы стержневым пространственным арматурным каркасам, устанавливаемым в зонах продавливания плит, предложено применять комбинированные каркасы с использованием стержневой и листовой арматуры. Проведены экспериментальные исследования прочности железобетонных плит с размерами 300×300 см и толщиной 50 см на действие локальной поперечной силы. Показано, что предложенная схема листового армирования опорных зон монолитных железобетонных плит вместо применяемых типовых конструктивных решений армирования этих зон с использованием поперечных арматурных каркасов позволяет устранить возникновение опасных силовых трещин в плитах, обеспечить работу бетона на срез и тем самым существенно повысить их несущую способность в зонах продавливания. По результатам эксперимента отмечено, что на всех этапах нагружения вплоть до разрушения листовая арматура деформируется совместно с бетоном. При этом разрушение образцов происходило без разделения конструкций на отдельные фрагменты, как это имеет место при испытании плит на продавливание, армированных только поперечной арматурой. Предложенное конструктивное решение армирования узловой зоны плит перекрытия и фундаментных плит на участке опирания колонн было применено на конкретных объектах, возведенных в Москве и Санкт-Петербурге, и показало их высокую технологичность и надежность, а также экономическую эффективность.*

**Ключевые слова:** фундаментные плиты, плиты перекрытия, листовое армирование, продавливание, срез бетона.

A.V. GRANOVSKY<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering) (arcgran@list.ru); A.L. MOCHALOV<sup>2</sup>, Engineer

<sup>1</sup> TSNIISK named after V.A. Kucherenko, JSC "Research Center of Construction" (6/1, 2<sup>nd</sup> Institutskaya Street, 109428, Moscow, Russian Federation)

<sup>2</sup> "Byuro Vnedreniya", OOO (3/1, 3<sup>rd</sup> Mytishchinskaya Street, 127490, Moscow, Russian Federation)

### New Structural Solution for Reinforcing Cage of Junction Zones of Reinforced Concrete Slabs with the Use of Sheet Products

A new structural solution of junction zones of resting of monolithic reinforced concrete floor slabs on columns and columns on foundation slabs in buildings of various purposes is presented. As an alternative to bar spatial reinforcement frames installed in zones of slabs pushing, it is proposed to use combined frames with the use of bar and sheet reinforcements. Experimental studies of the strength of reinforced concrete slabs with sizes of 300×300 cm and a thickness of 50 cm to the action of a local transverse force have been conducted. It is shown that the scheme of sheet reinforcement of support zones of monolithic reinforced concrete slabs proposed instead of the used standard structural solutions of reinforcement of these zones with the use of transverse reinforcement cages makes it possible to eliminate the appearance of dangerous forced cracks in slabs, to ensure the operation of concrete in shear and thus considerably increase their bearing capacity in pushing zones. On the basis of experimental results, it is noted that at all stages of destruction until the destruction itself, the sheet reinforcement is deformed together with the concrete. At that the destruction of samples takes place without the separation of structures for separate fragments as it is when testing slabs reinforced with transverse reinforcement only for pushing. The proposed structural solution of reinforcement of the junction zone of floor slabs and foundation slabs at the section of columns resting was used at concrete objects constructed in Moscow and St. Petersburg and demonstrated their high workability and reliability as well as economic efficiency.

**Keywords:** foundation slabs, floor slabs, sheet reinforcement, pushing, concrete shear.

Переход от типовых проектных решений жилых, общественных и производственных зданий к зданиям с широким шагом несущих конструкций и повышенной этажности связан с ростом уровня нагружения конструкций и их узловых соединений – зон опирания плит перекрытий на колонны и колонн на фундаментные плиты. Прочность и жесткость узлов монолитных железобетонных плит, как фундаментных, так и плит перекрытий, определяется их способностью воспринимать значительные сосредоточенные силы без образования опасных силовых трещин.

Многолетний отечественный и зарубежный опыт исследований и практической реализации монолитных узлов [1–8] показал, что даже при значительном повышении

процента поперечного армирования не происходит существенного приращения несущей способности плит при продавливании, поскольку значение напряжений отрыва при появлении опасных наклонных трещин не превышает  $R_{br}$ . Для плит толщиной более 300 мм, как показали исследования Н.Н. Коровина [6], напряжения отрыва могут не превосходить  $0,7 R_{br}$ . Эта важная особенность нашла отражение в действующих нормах проектирования, где восприятие арматурой продавливающей сосредоточенной силы ограничено 50% от общей величины усилия продавливания.

Таким образом, для повышения несущей способности при продавливании конструктор располагает тремя возможностями: повышением прочности бетона, насыщением

(до определенного предела) узловых зон арматурой и увеличением габаритов сечения узловой зоны, т. е. устройством капителей. Эти возможности широко используются в практике монолитного строительства и существенно

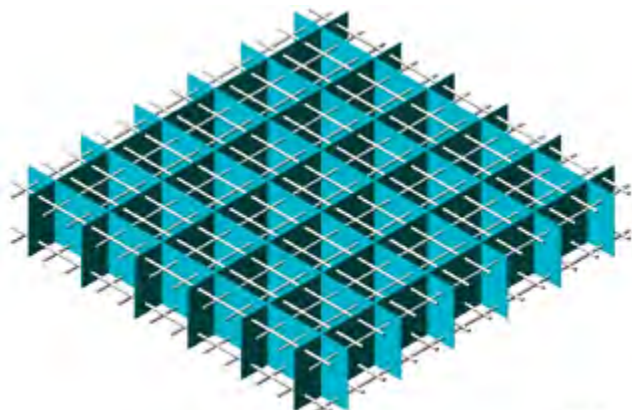


Рис. 1. Пространственный каркас, объединяющий листовое и стержневое армирование



Рис. 2. Листовой элемент узловой зоны железобетонной плиты в процессе сборки

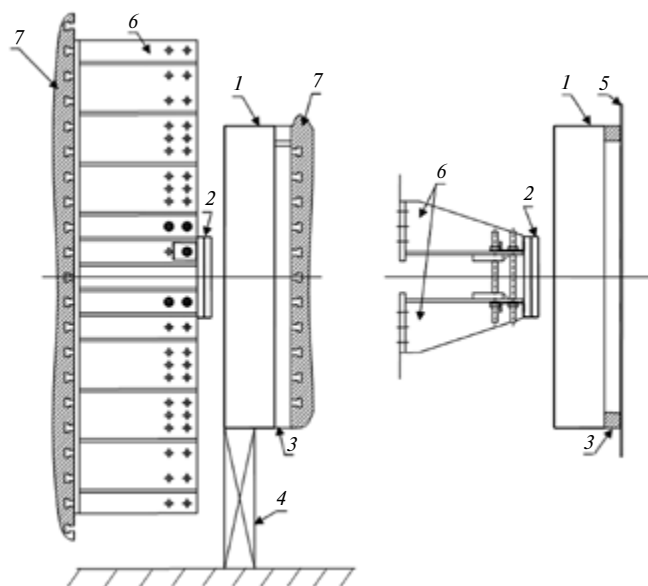


Рис. 3. Схема испытаний железобетонных плит на продавливание: 1 – опытный образец; 2 – пуансон; 3 – опорный контур; 4 – опорный столик; 5 – опорная плита; 6 – опорный элемент; 7 – плита прессы

ухудшают экономические и эксплуатационные показатели каркасов. Кроме этого, при высоком насыщении стержневой арматурой узловых зон плит осложняется контроль качества заполнения их бетоном, что также снижает их надежность.

Рассмотренные выше факторы, снижающие надежность узловых зон железобетонных плит, носят объективный и системный характер и не могут быть преодолены в рамках сложившейся традиционной практики использования пространственных стержневых каркасов. В качестве рациональной альтернативы стержневым пространственным каркасам предлагается применять комбинированные каркасы с использованием стержневой и листовой арматуры (рис. 1, 2). Использование листового армирования в предлагаемом конструктивном решении арматурного каркаса узловых зон железобетонных плит позволяет учесть следующие факторы:

- поперечное армирование воспринимает часть сосредоточенной силы;
- листовое армирование выполняет функцию косвенного армирования, препятствующего возникновению опасных силовых трещин в плите и обеспечивающего работу бетона на срез, что создает условия для выявления существенных резервов несущей способности узловых зон.

Для оценки влияния листового армирования в предложенном конструктивном решении арматурного каркаса узловой зоны железобетонной плиты [9] во ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт им. академика А.И. Крылова» по разработанной программе были проведены экспериментальные исследования прочности железобетонных плит с размером в плане 3×3 м и толщиной 0,5 м при действии локальной силы.

Объектами испытаний являлись узловые участки железобетонных плит, армированные по специальной схеме листовой и незакрепленной стержневой арматурой (рис. 1). Плиты отличались диаметром использованной стержневой арматуры – арматура А500С D20, арматура А500С D25 и арматура А111 D32 Ст35гс. Пластины были изготовлены из Ст. 3 толщиной 6 мм и размером 500×3000 мм. Прочность бетона экспериментальных образцов определялась по результатам испытаний образцов-кубов и изменялась от 17 до 22,6 МПа.

Задачи натурного эксперимента:

- определение жесткости свободно опертой по контуру плиты под действием локальной статической нагрузки;
- определение деформаций и напряжений в стержневой и листовой арматуре тензометрическим методом в процессе нагружения вплоть до потери несущей способности;
- определение несущей способности плит при трех вариантах стержневого армирования;
- получение формы разрушения узловой зоны железобетонной плиты.

На рис. 3 показана схема силовой рамы для испытания опытных образцов на продавливание. Стенд состоит из пуансона, опорного контура и опорной плиты, опорного столика, на который устанавливается опытный образец, плиты прессы и опорного элемента, через который передается сосредоточенная нагрузка на плиту. На рис. 4 показан общий вид железобетонной плиты в момент установки ее в силовую раму. В результате проведения натурного эксперимента впервые получены экспериментальные данные о несущей способности и разрушении узловых зон желе-



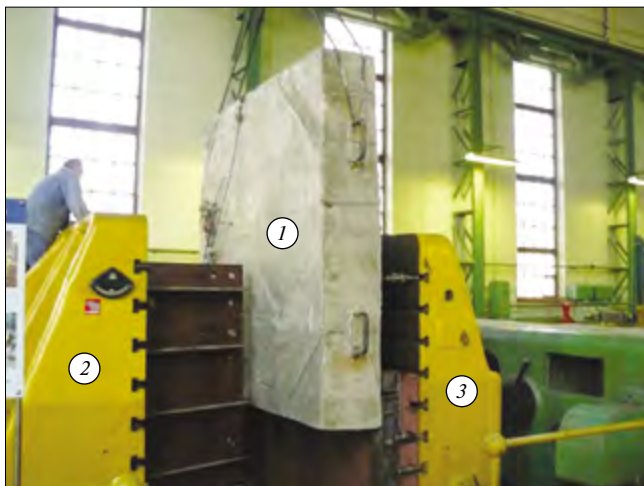


Рис. 4. Опытный образец в стенде для испытаний: 1 – ж/б плита; 2 – плита прессы; 3 – опорный контур

зобетонных плит со смешанным армированием (листовая и стержневая арматура) при действии локальной статической нагрузки в центре плиты. Условие опирания плит по контуру близко к шарнирному.

Анализ результатов экспериментальных исследований прочности железобетонных плит при действии локальной продавливающей нагрузки позволил выявить следующее:

- деформирование элементов арматуры носило ярко выраженный нелинейный характер по отношению к монотонно возрастающей нагрузке;
- на всех этапах нагружения вплоть до разрушения листовая арматура деформировалась совместно с бетоном. Отслоение листовой арматуры (рис. 5) от бетона происхо-



Рис. 5. Характер разрушения плиты с листовой арматурой

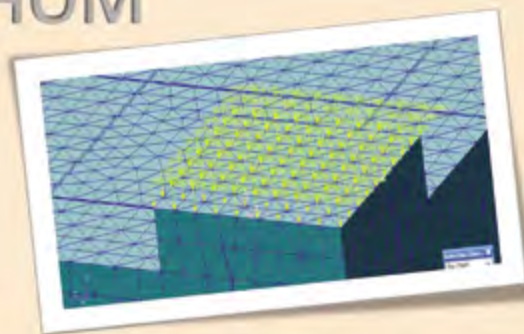
дило на стадии, предшествующей разрушению при деформациях до 1%;

- при статическом кратковременном нагружении кривая деформирования носила плавный характер с выраженным нисходящим участком. При этом остаточная несущая способность составляла не менее 50% от разрушающей нагрузки (рис. 6);

- разрушение образцов происходило без разделения конструкции на отдельные фрагменты, как это имеет место в образцах, армированных только поперечной арматурой;

- при повторном нагружении экспериментальных образцов до нагрузки, составляющей 95% от разрушающей, характер деформирования бетона образца представляет

## НОВОЕ В МОНОЛИТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ



ООО «БЮРО ВНЕДРЕНИЯ»

г.Москва, 3-я Мытищинская, д.3, стр.1, оф.304

+7 (495) 687 66 05

Реклама

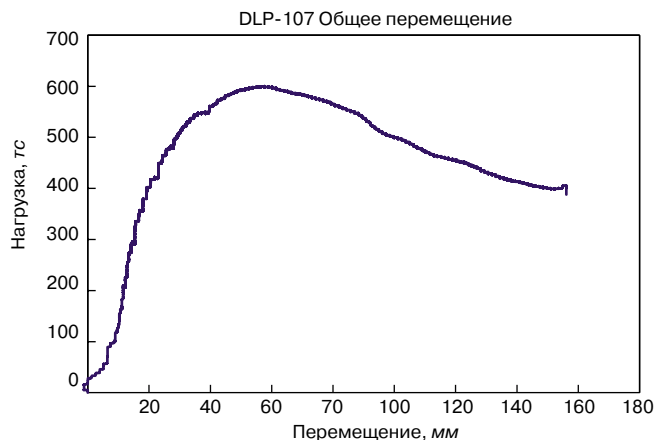


Рис. 6. График деформирования узловой зоны железобетонной плиты

собой практически линейно-упругую линию, близкую к прямой;

- в зоне грузовой площадки имели место значительные деформации смятия, составляющие до 40% от общей вертикальной деформации;

- анализ деформирования бетона в процессе нагружения образцов позволил установить ярко выраженный сдвиговой характер работы бетона в узловой зоне плиты;

- насыщение узловой зоны продольной стержневой арматурой не приводит к существенному росту ее несущей

#### Список литературы

1. Залесов А.С., Ермуханов К.Е., Момбеков И.А. Прочность плит с поперечной арматурой на продавливание // *Бетон и железобетон*. 1990. № 6. С. 26–28.
2. Лукша Л.К., Мацкевич А.С., Мордич А.И. Сжатые элементы с косвенной листовой арматурой // *Бетон и железобетон*. 1989. № 1. С. 18–20.
3. Колчунов В.И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. М.: АСВ, 2004. С. 28–32.
4. Колчунов В.И., Губанова М.С. Напряженно-деформированное состояние нагруженного и коррозионно-поврежденного железобетона в зоне наклонных трещин // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура*. 2016. № 2 (42). С. 11–22.
5. Starosolski, W. Konstrukcje zelbetowe wedlug PN-B-03264:2002 i Eurokodu 2. Tom III. Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN, 2009. 681 p.
6. Коровин Н.Н., Голубев А.Ю. Продавливание толстых железобетонных плит // *Бетон и железобетон*. 1985. № 10. С. 21–22.
7. Айрумян Э.Л., Каменщиков Н.И., Румянцева И.А. Особенности расчета монолитных плит сталежелезобетонных перекрытий по профилированному стальному настилу // *Промышленное и гражданское строительство*. 2015. № 9. С. 21–26.
8. Селяев В.П., Селяев П.В., Сорокин Е.В., Кечуткина Е.Л. Прогнозирование долговечности железобетонных изгибаемых элементов методом деградационных функций // *Жилищное строительство*. 2014. № 12. С. 8–18.
9. Патент РФ на полезную модель № 73891. *Плитная железобетонная конструкция* / Мочалов А.Л., Пекин Д.А. Заявл. 20.09.2006. Оpubл. 10.06.2008. Бюл. № 16.

способности. Увеличение процента армирования продольной стержневой арматурой в 2,6 раза повысило разрушающую нагрузку всего на 10%;

- разрушение узловой зоны происходило от продавливания бетона в условиях стесненного среза бетона сжатой зоны, имеющей высоту  $(0,5–0,8) \times h_0$ . Напряжение, при котором имел место срез бетона, составило  $2 \times R_{bt}$ ;

- установлено, что совместная работа бетона и листовой арматуры обеспечивается до уровня нагрузки, составляющей 80–90% от предельной;

- установлено влияние прочности бетона на уровень нагрузки, воспринимаемой листовой арматурой. Так, в образце № 2 с наименьшей прочностью бетона наблюдались наибольшие напряжения в листовой арматуре (до 100 МПа), что соответствует напряжениям в бетоне, сопоставимым с  $R_b$ .

#### Выводы.

Впервые получены экспериментальные данные о несущей способности узловой зоны шарнирно опертых толстых железобетонных плит, армированных листовой и стержневой арматурой, при действии локальной нагрузки.

Использование предложенного конструктивного решения узловой зоны опирания колонн на плиты перекрытия (фундаментные плиты) на конкретных объектах, возведенных в Москве и Санкт-Петербурге, показало их высокую эффективность по сравнению с типовым методом усиления плит в зонах продавливания путем насыщения этих зон продольной и поперечной стержневой арматурой.

#### References

1. Zalesov A.S., Ermukhanov K.E., Mombekov I.A. Prochnost of plates with a cross armature on breakdown. *Beton i zhelezobeton*. 1990. No. 6, pp. 26–28. (In Russian).
2. Luksha L.K., Matskevich A.S., Mordich A.I. The compressed elements with an indirect sheet armature. *Beton i zhelezobeton*. 1989. No. 1. pp. 18–20. (In Russian).
3. Kolchunov V.I. Raschetnye modeli silovogo soprotivleniya zhelezobetona [Settlement models of power resistance of steel concrete]. Moscow: ASV. 2004. pp. 28–32.
4. Kolchunov V.I., Gubanova M.S. The intense deformed condition of the loaded and corrosion damaged steel concrete in a zone of inclined cracks. *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2016. No. 2 (42), pp. 11–22.
5. Starosolski, W. Konstrukcje zelbetowe wedlug PN-B-03264:2002 i Eurokodu 2. Tom III. Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN, 2009. 681 p.
6. Korovin N.N., Golubev A.Yu. Breakdown of thick steel concrete plates. *Beton i zhelezobeton*. 1985. No. 10, pp. 21–22. (In Russian).
7. Ayrumyan E.L., Kamenshchikov N.I., Rumyantseva I.A. Features of calculation of monolithic plates the stalezhelezobetonnykh of overlappings on the pro-thinned-out steel flooring. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2015. No. 9, pp. 21–26. (In Russian).
8. Selyaev V.P., Selyaev P.V., Sorokin E.V., Kechutkina E.L. Forecasting of durability of the steel concrete bent elements by method the degradatsionnykh of functions. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2014. No. 12, pp. 8–18. (In Russian).
9. Russian Federation patent for useful model No. 73891. *Slabby steel concrete design*. Mochalov A.L., Pekin D.A. Zayavl. 20.09.2006. Opubl. 10.06.2008. Bulletin No. 16.

УДК 624.136

А.А. ФИЛИППОВИЧ, канд. техн. наук (annafilich@mail.ru)

Томский государственный архитектурно-строительный университет (634003, Томск, Соляная пл., 2)

## Исследование степени уплотнения грунта в полевых и лабораторных условиях при реконструкции магистрального нефтепровода

*Настоящая работа посвящена исследованию степени уплотнения грунта при проведении сварочно-монтажных работ на магистральном нефтепроводе Анжеро-Судженск–Красноярск. Исследования проводились непосредственно на площадке реконструируемого участка нефтепровода в полевых условиях при помощи динамического зондирования грунта и стандартным методом по ГОСТу в лаборатории. Были выполнены исследования степени уплотнения грунта при устройстве грунтовых призм для раскладки трубной продукции, грунтовых призм для сварки трубопровода, при засыпке уложенного трубопровода, при устройстве амбаров и переездов. На основании проведенных исследований установлен и сопоставлен коэффициент уплотнения грунта, полученный лабораторным и оперативным методом в полевых условиях. Полученные данные позволили также оценить его соответствие проектным данным.*

**Ключевые слова:** магистральный нефтепровод, коэффициент уплотнения грунта, грунтовая призма, оперативный метод, лабораторный метод.

A.A. FILIPPOVICH, Candidate of Sciences (Engineering) (annafilich@mail.ru)  
Tomsk State University of Architecture and Building (2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia)

### Research in Compression Ratio of Soil in Field and Laboratory Conditions during Reconstruction of Main Oil Pipeline

This work is devoted to study the degree of soil compaction during welding and installation works on the main pipeline Anzhero-Sudzhensk–Krasnoyarsk. The research was conducted directly at the site of the reconstructed section of the pipeline (in the field) by using the dynamic sensing of soil and the standard method according to GOST in the laboratory. The investigation of the degree of soil consolidation were conducted when arranging ground prisms for the layout of pipe products, ground prisms for the welding of the pipeline, when backfilling the laid pipeline, arranging barns and crossings. On the basis of the conducted research, factors of soil compaction obtained by laboratory and operational methods under field conditions were established and compared. The data obtained makes it possible to assess its compliance with the design data.

**Keywords:** main oil pipeline, compression ratio of soil, ground prism, operational method, laboratory method.

В последние годы в России проводится плановая масштабная реконструкция системы магистральных нефтепроводов для обеспечения их надежной работы. В настоящее время техническое состояние магистральных нефтепроводов не отвечает современным требованиям, предъявляемым к надежности и безопасности систем трубопроводного транспорта. Это вызвано длительным сроком эксплуатации и изменением загрузки магистральных нефтепроводов. Поэтому требуется массовое проведение реконструкции всей линейной части или отдельных участков нефтепроводов [1–7].

При реконструкции магистрального нефтепровода Анжеро-Судженск–Красноярск, на участке 68-Каштан было необходимо выполнить строительный контроль при проведении сварочно-монтажных работ. Согласно техническому заданию требовалось провести исследования степени уплотнения грунта при устройстве грунтовых призм для раскладки трубной продукции и грунтовых призм для сварки трубопровода, а также при засыпке уложенного трубопровода при устройстве амбаров и переездов.

Грунты основания на рассматриваемом участке трассы до глубины 7 м сложены средневерхнечетвертичными озерно-аллювиальными отложениями, которые представлены преимущественно суглинками мягкопластичной консистенции мощностью 2,3–5 м. На отдельных участках их перекрывают суглинки тугопластичной консистенции мощ-

ностью до 2,7 м. Подземные воды на период проведения изысканий (апрель 2014 г.) на участке не встречены. Глубина сезонного промерзания составляет 1,9 м. В зоне сезонного промерзания расположены суглинки тугопластичной и мягкопластичной консистенции и характеризуются как чрезмерно пучинистые [8].

Степень уплотнения земляного сооружения оценивается величиной коэффициента уплотнения из условия:

$$K_y \geq K_{\text{сот}},$$

где  $K_y$  – коэффициент уплотнения грунта земляного сооружения;  $K_{\text{сот}}$  – наименьший коэффициент уплотнения грунта, определяемый по СП 45.13330.2012 для земляных сооружений промышленного и гражданского строительства.

Коэффициент уплотнения определяли двумя способами: оперативным методом в полевых условиях при помощи динамического зондирования и лабораторным методом по ГОСТ 22733–2002 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности». Определение степени уплотнения грунта лабораторным методом было выполнено на каждой двадцатой грунтовой призме. Всего было исследовано 68 грунтовых призм. Проверка уплотнения грунта оперативным методом выполнялась на каждой десятой призме. Так было исследовано 138 грунтовых призм. Коэффициент уплотнения грунтовой призмы должен быть

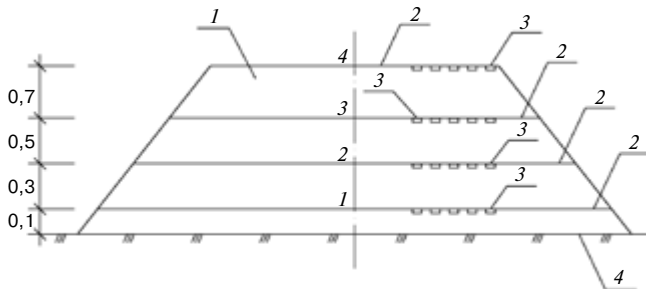


Рис. 1. Схема отбора образцов грунта для лабораторного метода определения коэффициента уплотнения: 1 – грунтовая призма; 2 – условный горизонт; 3 – точки отбора образцов; 4 – поверхность земли

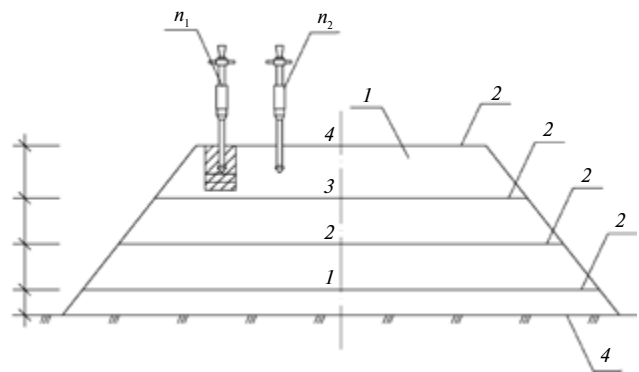


Рис. 3. Схема к определению коэффициента уплотнения грунта оперативным методом двойного зондирования в полевых условиях

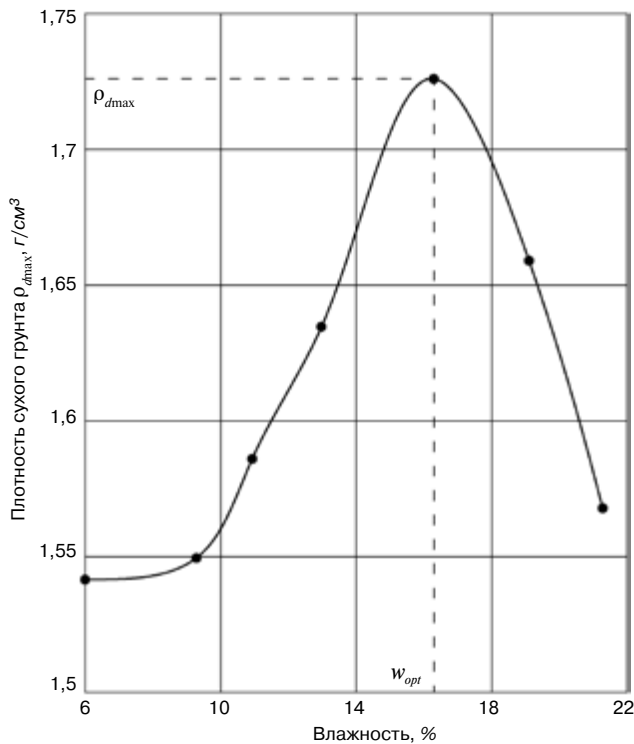


Рис. 2. График зависимости плотности сухого грунта от влажности при стандартном уплотнении

не менее 0,8 по проекту. Исследование уплотнения засыпки грунта уложенного трубопровода проводилось через каждые 50 м и коэффициент уплотнения должен быть не менее 0,92. Всего было исследовано 27 точек. Также был установлен коэффициент уплотнения грунта при устройстве четырех амбаров и двух переездов.

Определение коэффициента уплотнения  $K_y$  лабораторным методом по ГОСТ 22733–2002 – отношение плотности сухого грунта земляного сооружения  $\rho_d$  к максимальной плотности того же сухого грунта  $\rho_{dmax}$  при стандартном уплотнении по ГОСТ 22733–2002:

$$K_y = \rho_d / \rho_{dmax}$$

где  $\rho_d$  – плотность сухого грунта, г/см<sup>3</sup>;  $\rho_{dmax}$  – максимальная плотность сухого грунта при оптимальной влажности  $w_{opt}$

Лабораторный метод исследования степени уплотнения по ГОСТ 22733–2002 предусматривал обязательный отбор образцов грунта режущими кольцами для определения его плотности, отбор проб грунта (не менее шести) для опреде-

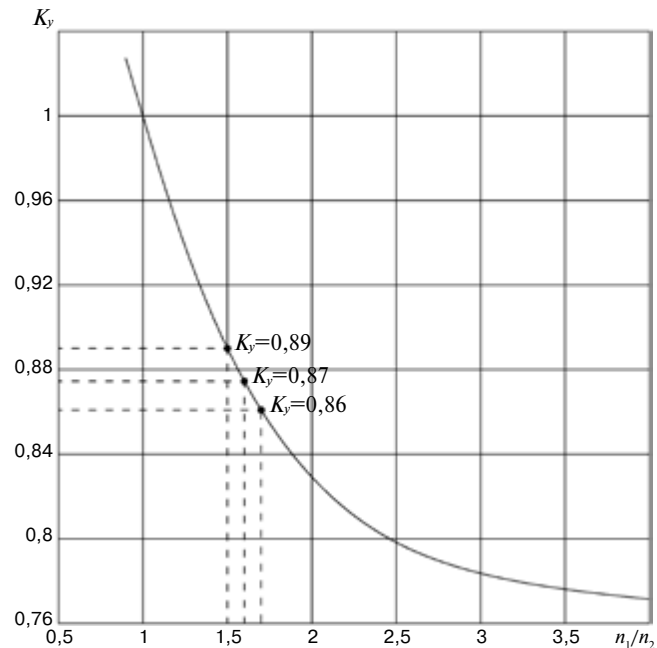


Рис. 4. График для определения коэффициента уплотнения методом двойного зондирования в полевых условиях

ления его влажности путем высушивания. Далее в лаборатории выполнялось стандартное уплотнение предварительно высушенного и измельченного грунта с целью определения максимальной плотности  $\rho_{dmax}$  сухого грунта при оптимальной влажности  $w_{opt}$  [9, 10].

Рассмотрим в качестве примера одну из грунтовых призм (призма № 20) на участке реконструкции магистрального нефтепровода Анжеро-Судженск–Красноярск. Призма представляет собой земляное сооружение высотой 1,6 м с размерами в нижнем основании не менее 1,7×1,7 м, в верхнем основании 1,2×1,2 м (рис. 1).

Для определения плотности и влажности грунта были отобраны образцы с каждого условного горизонта. Далее в лаборатории определили плотность грунта методом режущего кольца и влажность грунта – методом высушивания до постоянной массы. Максимальную плотность и оптимальную влажность определяли при помощи прибора стандартного уплотнения. На рис. 2 представлен график зависимости плотности сухого грунта от влажности при стандартном уплотнении. Методики определения этих характеристик представлены в ГОСТ 5180–84 «Грунты. Методы определения физических характеристик» и ГОСТ 22733–2002 «Грун-

Таблица 1

Результаты лабораторных испытаний

Условный горизонт взятия проб, м	Плотность сухого грунта $\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>	Влажность грунта $W$ , %	Максимальная плотность сухого грунта $\rho_{dmax}$ , г/см <sup>3</sup>	Оптимальная влажность грунта $W_{opt}$ , %	Коэффициент уплотнения	
					Требуемый $K_{cot}$	$K_y = \rho_d / \rho_{dmax}$
1	2	3	4	5	6	7
0,1	1,51	3,16	1,73	16,1	0,8	0,87
0,3	1,5	3,13	1,71	15,8	0,8	0,87
0,5	1,52	3,15	1,74	15,9	0,8	0,88
0,7	1,5	3,14	1,71	15,7	0,8	0,87

Таблица 2

Результаты полевых испытаний

Условный горизонт взятия проб (от уровня земли), м	№ точки пенетрации	Значение шкалы плотномера или число ударов, $n_1$	Среднее значение, $n_{1,ср}$	Значение шкалы плотномера или число ударов после доуплотнения, $n_2$	Среднее значение после доуплотнения, $n_{2,ср}$	Отношение числа ударов до и после доуплотнения, $n_1 / n_2$	Коэффициент уплотнения	
							Требуемый $K_{cot}$	Фактический $K_y$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,1	1,2,3	15,13,14	14	10,9,9	9,3	1,5	0,8	0,89
0,3	1,2,3	13,14,12	13	7,9,7	7,6	1,7	0,8	0,86
0,5	1,2,3	15,13,11	13	7,10,7	8	1,62	0,8	0,87
0,7	1,2,3	14,11,11	12	9,6,7	7,3	1,64	0,8	0,87

ты. Метод лабораторного определения максимальной плотности». Полученные результаты испытаний коэффициента уплотнения для каждого условного горизонта грунтовой призмы приведены в табл. 1.

Коэффициент уплотнения оперативным методом определяли при помощи динамического плотномера Д-51 методом двойного зондирования без определения влажности в условиях трассы [10]. Метод основан на определении сопротивления грунта погружению зонда с коническим наконечником под действием последовательно возрастающего количества ударов груза постоянной массы, свободно падающего с заданной высоты.

Рассмотрим в качестве примера эту же призму № 20 на участке реконструкции магистрального нефтепровода. При первом зондировании в точке 1 определяли количество ударов ( $n_1$ ), необходимое для погружения стержня прибора в грунт на глубину 20–30 см. Затем на направляющую штангу вместо стержня установили штамп диаметром 100 мм и вблизи точки 1 доуплотняли грунт в скважине. Скважина была диаметром 10 см, глубиной 25 см. При этом скважину послойно засыпали грунтом и уплотняли каждый слой 40 ударами гири до выравнивания грунта с поверхностью. Затем в центре уплотненной скважины проводили повторное зондирование (рис. 3) и определяли количество ударов ( $n_2$ ). Далее установили отношение количества ударов  $n_1$  к  $n_2$  и по графику, представленному на рис. 4, назначили коэффициент уплотнения. Полученные результаты исследований коэффициента уплотнения для каждого условного горизонта грунтовой призмы в полевых условиях приведены в табл. 2.

#### Выводы.

На основании выполненного литературного обзора установили, что представленные материалы об исследовании степени уплотнения грунта при проведении сварочно-

монтажных работ на магистральном нефтепроводе Анжеро-Судженск–Красноярск актуальны и имеют практическую ценность.

Выполненные исследования показали, что определение коэффициента уплотнения двумя разными способами в полевых и лабораторных условиях имеют высокую сходимость результатов. Так, например, значения коэффициента уплотнения грунтовой призмы № 20, определенного в лабораторных условиях по ГОСТу составили 0,87–0,88, а в условиях трассы они изменялись от 0,86 до 0,89.

Следует отметить, что исследования свойств грунтов для определения коэффициента уплотнения лабораторным методом требуют больших вложений труда и времени. Так, например, комплекс полных лабораторных исследований для одной грунтовой призмы занимал 4–5 рабочих дней. А в полевых условиях для определения коэффициента уплотнения требовалась всего половина рабочего дня.

#### Список литературы

1. Зайцев К.М. О проблеме ремонта и реконструкции нефтегазопроводных систем России // *Трубопроводный транспорт нефти*. 1994. № 3. С. 11–14.
2. Иванцов О.М. Надежность и безопасность магистральных трубопроводов России // *Трубопроводный транспорт нефти*. 1997. № 10. С. 26–31.
3. Гумеров А.Г., Азметов Х.А., Гумеров Р.С. Реконструкция линейной части магистральных нефтепроводов. М.: Недра, 2003. 308 с.
4. Душин В.А., Шаммазов А.М. Капитальный ремонт линейной части магистральных нефтепроводов. Уфа, 2008. 271 с.
5. Гумеров А.Г., Гумеров Р.С., Гумеров К.М. Безопасность длительно эксплуатируемых магистральных трубопроводов. М.: Недра-Бизнесцентр, 2003. 310 с.

6. Мазур И.И., Иванцов О.М. Безопасность трубопроводных систем. М.: ИЦ Елима, 2004. 1104 с.
7. Дейнеко С.В. Обеспечение надежности систем трубопроводного транспорта нефти и газа. М.: Техника, 2011. 176 с.
8. Александрова Н.П., Александров А.С. Определение максимальной плотности и оптимальной влажности грунтов в приборе СОЮЗДОРНИИ для стандартного уплотнения. Омск: СибАДИ, 2011. 28 с.
9. Гриценко В.А., Шестаков В.Н. Оперативный контроль плотности и прочности грунтов земляных сооружений зондированием. Омск: СибАДИ, 2008. 48 с.
10. Лейтланд И.В. Обоснование и разработка пенетрационного экспресс-метода контроля степени увлажнения глинистого грунта при сооружении земляного полотна автомобильных дорог. Дисс... канд. техн. наук. Москва. 1999. 127 с.
4. Dushin V.A., Shammazov A.M. Capital repairs of a linear part of the main oil pipelines [Kapital'nyj remont linejnoj chasti magistral'nyh nefteprovodov]. Ufa. 2008. 271 p.
5. Gumerov A.G., Gumerov R.S., Gumerov K.M. Safety it is long the operated main pipelines [Bezopasnost' dlitel'no jekspluatiruemyh magistral'nyh truboprovodov]. Moscow: Nedra-Biznescentr, 2003. 310 p.
6. Mazur I.I., Ivancov O.M. Safety of pipeline systems [Bezopasnost' truboprovodnyh sistem. Uchebnoe posobie]. Moscow: IC Elima, 2004. 1104 p.
7. Dejneko S.V. Ensuring reliability of systems of pipeline transport of oil and gas [Obespechenie nadezhnosti sistem truboprovodnogo transporta nefiti i gaza]. Moscow: Tehnika, 2011. 176 p.
8. Aleksandrova N.P., Aleksandrov A.S. Determination of the maximum density and optimum humidity of soil in the SOYuZDORNII device for standard consolidation [Opredelenie maksimal'noj plotnosti i optimal'noj vlazhnosti gruntov v pribore SOJuZDORNII dlja standartnogo uplotnenija]. Omsk: SibADI, 2011. 28 p.
9. Gricenko V.A., Shestakov V.N. Operating control of density and durability of soil of earth constructions sounding [Operativnyj kontrol' plotnosti i prochnosti gruntov zemljanyh sooruzhenij zondirovanijem]. Omsk: SibADI, 2008. 48 p.
10. Lejtland I.V. Justification and development of a penetration express control method of extent of moistening of a clay soil at a construction of a road bed of highways. Cand. Diss. (Engineering). Moscow. 1999. 127 p. (In Russian).

### References

1. Zajcev K.M. About a problem of repair and reconstruction of oil and gas wire systems of Russia. *Truboprovodnyj transport nefiti*. 1994. No. 3, pp. 11–14. (In Russian).
2. Ivancov O.M. Reliability and safety of the main pipelines of Russia. *Truboprovodnyj transport nefiti*. 1997. No. 10, pp. 26–31. (In Russian).
3. Gumerov A.G., Azmetov H.A., Gumerov R.S. Reconstruction of a linear part of the main oil pipelines [Rekonstrukcija linejnoj chasti magistral'nyh nefteprovodov]. Moscow: Nedra, 2003. 308 p.

ufi Approved Event

XXII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ВОЛГАСТРОЙЭКСПО**  
**25-28**  
**АПРЕЛЯ**  
**2017**  
**КАЗАНЬ**

Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8.  
Выставочный центр "Казанская ярмарка"  
тел./факс: (843) 570-51-07, 570-51-11 (круглосуточный)  
e-mail: d4@expokazan.ru  
www.volgastrojexpo.ru, www.expokazan.ru

12+

## Указатель статей, опубликованных в журнале «Жилищное строительство» в 2016 г.\*

### Внедрение инновационных технологий

- Сычев С.А.** Виртуальные решения проектирования ППР на основе информационных BIM-технологий при скоростном возведении полносборных зданий из высокотехнологичных строительных систем . . . . . № 8. С. 26
- Царев А.А.** Параметры комфорта жилой среды на примере мультикомфортного здания «Академия Сен-Гобен» . . . № 7. С. 33

### Высотное строительство

- Зоткин А.В., Любимова О.М., Соломанидин Г.Г.** Вопросы комплексного обеспечения безопасности и антитеррористической защищенности . . . . . № 1–2. С. 7
- Николаев С.В., Травуш В.И., Табунщиков Ю.А., Колубков А.Н., Соломанидин Г.Г., Магай А.А., Дубынин Н.В.** Нормативная база высотного строительства в России . . . . . № 1–2. С. 3

### Градостроительство и архитектура

- Балакин В.В., Сидоренко В.Ф.** Защита пешеходных зон и жилой застройки от выбросов автомобильного транспорта средствами озеленения . . . . . № 5. С. 3
- Большаков А.Г.** Социальная эффективность градостроительства . . . . . № 1–2. С. 51
- Большаков А.Г.** Стоимость жилья и градостроительные свойства районов размещения (на примере Иркутска) . . . . . № 4. С. 8
- Валуи А.А., Киевский И.Л., Хоркина Ж.А.** Пятилетие реализации государственной программы города Москвы «Жилище» и планы на 2016–2018 гг. . . . . № 10. С. 44
- Воропаев Л.Ю., Гаврилова М.М.** Взаимодействие факторов, влияющих на формирование автостоянок, встроенных в жилые комплексы . . . . . № 10. С. 49
- Демин В.Д., Козлов К.В.** Основные задачи обеспечения объектов капитального строительства инженерной инфраструктурой. . . . . № 9. С. 59
- Наумкин Г.И.** Принципиальные особенности в формировании архитектуры зданий управлений . . . . . № 1–2. С. 60
- Ремизов А.Н.** «Энергетический след» как фактор формообразования и градостроительства . . . . . № 8. С. 13
- Сергеев А.С.** Методика технико-экономической оценки ущербов при отступлениях градостроительного процесса от нормативной модели . . . . . № 3. С. 10
- Сергеев А.С.** Моделирование градостроительного процесса на основе нормативного подхода . . . . . № 4. С. 3
- Субботин О.С.** Инновационные материалы и технологии в зданиях общественного назначения Сочи. . . . . № 11. С. 29

### Законодательная база отрасли

- Масляев А.В.** Анализ положений федеральных законов и нормативных документов РФ по применению карт сейсмической опасности (ОСР-2015) РФ в строительстве. . . . . № 8. С. 3

### Информация

- Александр Аравена** – архитектор с социальной позицией бедняков. . . . . № 4. С. 26
- Новый подход** к проектированию жилых зданий из силикатных изделий. . . . . № 3. С. 34
- Подземная урбанизация** – необходимое условие устойчивого развития городов. . . . . № 11. С. 12
- Проектировщики** Московской области объединились . . . . . № 10. С. 43

- Профессионалы** встретились на VI Международной научно-практической конференции «Развитие крупнопанельного домостроения в России» InterConPan-2016 в Краснодаре. . . . . № 10. С. 3
- Рекорды** рынка недвижимости – 2016 . . . . . № 8. С. 18
- Самый большой** новый город в классическом стиле. . . . . № 10. С. 53
- Современному жилью** – современные отделочные материалы . . . . . № 9. С. 37

### История архитектуры

- Гранстрем М.А.** Палевский жилмассив – элемент целостной среды жилой застройки Ленинграда 1920-х гг. . . . . № 8. С. 36
- Золотарева М.В.** Объемно-планировочная структура жилых кварталов довоенного Ленинграда (на примере застройки Ивановской улицы) . . . . . № 8. С. 40

### Кадры для отрасли

- Варфоломеев Ю.А.** Специфика обеспечения Арктической зоны специалистами архитектурного профиля . . . . . № 5. С. 28
- Грызов В.С.** Практико-ориентированный подход при подготовке инженеров-строителей. . . . . № 8. С. 9
- Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В.** Современное архитектурно-строительное образование в свете решения задач безопасности среды жизнедеятельности. . . . . № 3. С. 3

### Крупнопанельное домостроение

- Блажко В.П.** Некоторые аспекты проектирования панельных зданий в сейсмических районах . . . . . № 3. С. 53
- Грановский А.В., Чубаков М.Ж.** К вопросу об оценке прочности контактных стыков крупнопанельных зданий из сборных пространственных железобетонных элементов. . . . . № 10. С. 34
- Данилов Н.Д., Собакин А.А., Федотов П.А.** Выбор оптимального утепления стыка стен с цокольным перекрытием каркасно-монолитных зданий с проветриваемыми подпольями . . . . . № 3. С. 49
- Киреева Э.И., Валь Е.Г.** К вопросу расчета трехслойных несущих наружных стен с облицовкой кирпичом на ветровые нагрузки . . . . . № 4. С. 40
- Колчунов В.И., Емельянов С.Г.** Вопросы расчетного анализа и защиты крупнопанельных зданий от прогрессирующего обрушения . . . . . № 10. С. 17
- Коршунов А.Н.** Сочетание в одной крупнопанельной блок-секции узкого и широкого шагов поперечных несущих стен . . . . . № 10. С. 11
- Магай А.А., Дубынин Н.В.** Крупнопанельные жилые дома с широким шагом несущих конструкций, обеспечивающих свободную планировку квартир. . . . . № 10. С. 21
- Масляев А.В.** Особенности возведения крупнопанельных зданий в сейсмоопасных районах . . . . . № 3. С. 64
- Николаев С.В.** Архитектурно-градостроительная система панельно-каркасного домостроения. . . . . № 3. С. 15
- Овсянников С.Н., Околичный В.Н., Балдин И.В., Бубис А.А.** Натурные статические и сейсмические испытания фрагмента здания, построенного по системе «КУПАСС» . . . . . № 10. С. 37
- Соколов Б.С.** Теоретические основы методики расчета штепсельных стыков железобетонных конструкций зданий и сооружений . . . . . № 3. С. 60

\* В указатель не вошли статьи, опубликованные в данном номере. Содержание номера см. на с. 1.

- Сычев С.А.** Высокотехнологичная строительная система скоростного возведения многофункциональных полносборных зданий . . . . . № 3. С. 43
- Тешев И.Д., Коростелева Г.К., Попова М.А.** Объемно-блочное домостроение . . . . . № 3. С. 26
- Тихонов И.Н., Гуменюк В.С., Казарян В.А.** Несущая способность сжатых железобетонных элементов с холоднодеформированной рабочей арматурой класса В500С . . . . . № 10. С. 25
- Филатов Е.Ф.** Снижение материалоемкости изделий крупнопанельного домостроения . . . . . № 10. С. 30
- Филатов Е.Ф.** Теоретические и физические предпосылки применения железобетонных плит перекрытия с технологическими трещинами в жилых домах . . . № 3. С. 57
- Фотин О.В., Ярмаковский В.Н., Кадиев Д.З.** Энергоресурсосберегающая конструктивная система каркасных зданий для сейсмических регионов и инновационные технологии производства сборных элементов системы . . . . . № 3. С. 35
- Шмелев С.Е.** Мифы и правда о монолитном и сборном домостроении . . . . . № 3. С. 40

#### Материалы, конструкции, технологии

- Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н.** К нормированию физико-механических характеристик высокопрочных легких бетонов и методам расчета конструкций из них . . . № 7. С. 25
- Слободчиков Е.Г., Местников А.Е.** Энергоэффективность индивидуальных домов на основе пенобетона в условиях Якутии . . . . . № 7. С. 29
- Субботин О.С.** Инновационные материалы и технологии в олимпийских стадионах Сочи . . . . . № 8. С. 19
- Титунин А.А., Зайцева К.В.** Древесиноведческие и технологические проблемы производства клееных материалов для деревянного домостроения . . . . № 11. С. 44

#### Общие вопросы строительства

- Беляев В.С., Магай А.А., Большакова Т.А.** Анализ основных научных теплофизических направлений АО «ЦНИИЭП жилища – институт комплексного проектирования жилых и общественных зданий» . . . . . № 8. С. 44
- Масляев А.В.** Критический анализ ответов на статью о непригодности федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению «Строительство» . . . . . № 5. С. 49
- Пороженко М.А., Минаева Н.А., Сухов В.Н.** Оценка изоляции воздушного шума стеной с гибкой плитой на отnose . . . . . № 7. С. 54
- Фрог Д.Б., Жиров Е.Н.** Новое в нормировании отрасли «водоснабжение и канализация». Актуализация сводов правил . . . . . № 7. С. 57
- Шмаров И.А., Земцов В.А., Коркина Е.В.** Инсоляция: практика нормирования и расчета . . . № 7. С. 48
- Яковлева Т.П., Калитина М.А., Новохатская Э.А.** Проблема травматизма в строительстве . . . . . № 1–2. С. 63
- Яковлева Т.П., Калитина М.А., Новохатская Э.А., Тихонова Г.И.** Оценка канцерогенного риска при воздействии химического фактора в строительстве . . . . . № 5. С. 44

#### Организация строительного производства

- Сычев С.А.** Анализ структуры и содержания технологических модулей монтажа укрупненных элементов . . . . № 1–2. С. 36
- Сычев С.А.** Структурно-функциональная схема автоматизации высокоскоростного монтажа зданий из модулей повышенной заводской готовности . . . № 5. С. 40
- Сычев С.А.** Автоматизированная система высокоскоростного монтажа зданий из модулей и модульных систем . . . . . № 11. С. 48

#### Подземное строительство

- Алексеев В.А., Баженова С.И., Харченко И.Я., Харченко А.И., Кривчун С.А.** Совершенствование качества набрызгбетона для строительства тоннельных и притоннельных сооружений . . . . . № 9. С. 33
- Белаш Т.А., Сергеев Д.А.** Реализация принципа сейсмоизоляции в зданиях на вечномёрзлых грунтах . . . . . № 1–2. С. 47
- Богов С.Г.** Формирование заглубленных объемов в бесподвальных исторических зданиях в условиях слабых грунтов Санкт-Петербурга . . . . . № 9. С. 45
- Глозман О.С.** Подземное планирование Москвы . . . № 11. С. 14
- Дроздов А.Д., Колчеданцев Л.М., Ряполова Г.В., Цыганкова М.А.** Практический опыт разработки проекта производства работ по строительству удерживающих сооружений в Сочи . . . . . № 1–2. С. 41
- Ильичев В.А., Акбиев Р.Т., Мирный А.Ю.** Разработка профессионального стандарта «Специалист в области механики грунтов, геотехники и фундаментостроения» . . . . . № 9. С. 3
- Колчеданцев Л.М., Волков С.В., Волкова Л.В.** Организационно-технологические решения по устройству фундаментов высотных зданий . . . № 9. С. 50
- Кривчун С.А., Кривчун Е.А., Баженов М.И., Алексеев В.А., Харченко А.И., Харченко И.Я.** Структура и свойства грунтобетонных массивов на основе наномодифицированных микроцементов . . . . . № 9. С. 55
- Кузнецов А.О.** Определение параметров предельного равновесия грунтового массива при взаимодействии с армоэлементом аналитическим и численным методами . . . . . № 11. С. 7
- Маковецкий О.А., Зуев С.С., Тимофеев М.А., Селетков С.Ф., Травуш В.И.** Устройство системы вертикальных и горизонтальных геотехнических барьеров при строительстве высотных зданий на слабых грунтах . . . . . № 9. С. 40
- Маковецкий О.А., Зуев С.С., Хусаинов И.И.** Обоснование применения искусственного основания «структурный геомассив» . . . . . № 9. С. 23
- Мангушев Р.А., Сапин Д.А.** Определение и обоснование параметров безопасного устройства траншейной стены в грунте в плотной застройке . . . . . № 9. С. 27
- Соколов Н.С.** Технологические приемы устройства буронагреваемых свай с многоместными уширениями . . . . . № 10. С. 54
- Соколов Н.С., Рябинов В.М.** Технология устройства буронагреваемых свай повышенной несущей способности . . . . . № 9. С. 11
- Соколов Н.С., Соколов С.Н., Соколов А.Н.** Об ошибочном способе устройства буронагреваемых свай с использованием электроразрядной технологии . . . . . № 11. С. 20
- Тер-Мартirosян З.Г., Сидоров В.В., Тер-Мартirosян А.З., Манукян А.В.** Выдавливание слабого слоя из основания фундамента конечной величины . . . . № 9. С. 5
- Тер-Мартirosян З.Г., Сидоров В.В., Тер-Мартirosян А.З., Манукян А.В.** Скорость осадки сваи, погруженной в толщу глинистого грунта, с учетом его упруговязких и упругопластических свойств . . . . . № 11. С. 3
- Шашкин А.Г., Шашкин К.Г.** Подземное строительство в Санкт-Петербурге: краткий обзор технических решений . . . . . № 9. С. 15

#### Расчет конструкций

- Арленинов П.Д., Крылов С.Б.** Построение расчетной модели автомобильного пандуса на основе обследования и натурного испытания . . . . . № 7. С. 43



- Данилов Н.Д., Собакин А.А., Федотов П.А.** Оптимальное утепление стыка стен каркасно-монолитных зданий с проветриваемыми подпольями . . . . . № 1–2. С. 28
- Клюева Н.В., Колчунов Вл.И., Губанова М.С.** Критерий прочности нагруженного и коррозионно поврежденного бетона при плоском напряженном состоянии. . . . № 5. С. 22
- Кравчун П.Н., Ланэ М.Ю.** Акустические измерения в концертных залах с использованием разных тестовых сигналов. . . . . № 1–2. С. 32
- Мирсаяпов Ил.Т.** Обеспечение безопасности железобетонных балок по наклонному сечению при многократно повторяющихся нагрузках . . . . . № 1–2. С. 23
- Пятикрестовский К.П., Травуш В.И.** Панели для стен жилых домов и покрытий различных зданий из древесины. . . . . № 4. С. 44
- Федоров В.С., Колчунов Вл.И., Покусаев А.А.** Расчет расстояния между пространственными трещинами и ширины их раскрытия в железобетонных конструкциях при кручении с изгибом (случай 2) . . . . . № 5. С. 16

#### Результаты научных исследований

- Ищук М.К., Гогоу О.К., Алехин Д.А., Файзов Д.Ш., Николаев В.В., Литвинов Е.А., Попов А.А.** Огнестойкость несущих наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки на гибких базальто-пластиковых связях. . . № 11. С. 35

#### Сейсмостойкое строительство

- Масляев А.В.** Анализ соответствия федеральных законов и нормативных документов РФ строительного содержания требованиям Конституции РФ . . . . . № 11. С. 38
- Соснин А.В.** О параметрах диафрагм жесткости железобетонных каркасных зданий для строительства в сейсмических районах (по результатам расчетов многоэтажного жилого здания методом нелинейного статического анализа в SAP2000) . . . . . № 4. С. 17

#### Современное проектирование

- Цзиньлин Чжао, Цзе Ли, Ляньи Люй.** Влияние региональных различий на проектирование зданий в холодной климатической зоне КНР . . . . . № 7. С. 38

#### Сохранение архитектурного наследия

- Золотарева М.В.** Объемно-пространственные особенности застройки Малой Охты в Ленинграде (1920–1940-е гг.) . . . . . № 1–2. С. 67
- Зубанова С.Г.** Социально-культурный аспект застройки Москвы в исторической ретроспективе . . . . . № 5. С. 9
- Субботин О.С.** Храмовое зодчество г. Краснодара (Екатеринодара): эволюция и архитектурно-градостроительная культура . . . . . № 4. С. 33

#### Тепловая защита зданий

- Гайсин А.М., Самоходова С.Ю., Пайметькина А.Ю., Недосеко И.В.** Сравнительная оценка удельных теплотерь через элементы наружных стен жилых зданий, определяемых по различным методикам. . . . . № 5. С. 36
- Корнилов Т.А., Герасимов Г.Н.** Наружные стены малоэтажных домов из легких стальных тонкостенных конструкций для условий Крайнего Севера . . . . . № 7. С. 20
- Кочкин А.А., Шубин И.Л., Кочкин Н.А.** Расчет колебательной скорости и излучаемой мощности элементов конечных размеров в условиях различных резонансов. . . . № 7. С. 15
- Крайнов Д.В.** Относительное энергосбережение при изменении уровня тепловой защиты зданий. . . № 7. С. 6
- Крышов С.И., Курилюк И.С.** Проблемы экспертной оценки тепловой защиты зданий. . . . . № 7. С. 3
- Неклюдов А.Ю.** Расчет характеристик энергопотребления здания при определении трансмиссионных тепловых потерь . . . . . № 7. С. 11

- Самарин О.Д.** Использование методики СП 50.13330.2012 для оценки зависимости теплотехнических показателей оболочки здания от его этажности . . . . . № 4. С. 30
- Самарин О.Д.** Техничко-экономическое обоснование термомодернизации жилых зданий в современных условиях. . . . . № 5. С. 31

#### Экологическое строительство

- Ремизов А.Н.** Экоустойчивая архитектура как процесс . . . . . № 4. С. 48

#### Энергоэффективное строительство

- Данилевский Л.Н., Данилевский С.Л.** Определение теплоэнергетических характеристик и энергетическая классификация эксплуатируемых жилых зданий. . . № 8. С. 31
- Корнилов Т.А., Слободчиков Е.Г., Аммосов Д.Н.** Эффективность использования систем солнечной генерации для инженерного обеспечения жилых домов в климатических условиях центральной Якутии. . . . . № 1–2. С. 10
- Савин В.К., Рыбкин В.К.** Энергоэффективная конструкция оконного блока с проветривателем. . . . . № 1–2. С. 15
- Самарин О.Д., Насонова Е.О.** Исследование зависимости теплотехнической однородности наружных ограждений от геометрических характеристик зданий . . . . № 1–2. С. 19

#### Доклады VII Академических чтений

##### «Техническое регулирование в строительстве. Актуальные вопросы строительной физики»

- Архитектурное наследие формирует культурное самосознание и социальную позицию человека. . . № 6. С. 40**
- Гагарин В.Г., Козлов В.В., Зубарев К.П.** Анализ расположения зоны наибольшего увлажнения в ограждающих конструкциях с различной толщиной теплоизоляционного слоя. . . . . № 6. С. 8
- Ельчищева Т.Ф.** Динамика содержания примесей в воздухе Центрально-Черноземного региона для проектирования наружных ограждающих конструкций зданий . . . № 6. С. 48
- Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Коннов А.В., Иртуганова В.Р.** Мониторинг строительства многофункционального жилого комплекса с подземной автостоянкой . . . . . № 6. С. 29
- Карпенко Н.И., Карпенко С.Н.** Построение физических соотношений для расчета железобетонных конструкций при объемном напряженном состоянии с учетом физической нелинейности материалов . . . . . № 6. С. 16
- Малаявина Е.Г.** Выявление экономически целесообразной теплозащиты наружных ограждений трехэтажного здания. . . . . № 6. С. 13
- Михеев Д.В.** Состояние нормативной базы технического регулирования строительства и задачи ее развития . . . . . № 6. С. 3
- Окунев А.Ю., Левин Е.В.** Методы расчета теплотерь через основания зданий и сооружений . . . . . № 6. С. 25
- Смирнов В.А.** Экспериментально-численная оценка уровней вибраций конструкции фундамента высокоточного оборудования. . . . . № 6. С. 33
- Умнякова Н.П., Кузьмин В.А.** Применение отражательной теплоизоляции в многослойных панелях с эффектом многократного отражения теплового потока . . . . № 6. С. 21
- Участники конкурса «ЗЕЛЕНый ПРОЕКТ 2015/16» – будущее устойчивого развития России. . . . . № 6. С. 46**
- Цукерников И.Е., Тихомиров Л.А., Щурова Н.Е., Невенчанная Т.О.** Оценка возможности снижения шума от МКАД на жилой территории «Заречье» . . . . . № 6. С. 37
- Шейна С.Г., Миненко Е.Н.** Методика выбора организационно-технологических ресурсосберегающих решений в жилищном строительстве по многокритериальной системе оценки . . . . . № 6. С. 42

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

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



# SOFiSTiK

Интегрированный ПК МКЭ анализа конструкций зданий, мостов, тоннелей и решения задач геотехники.

Полная локализация и адаптация в соответствии с нормами РФ и Eurocode.

100% BIM-решение, полная интеграция с Revit!

## III отраслевая международная конференция SOFiSTiK

### Опыт расчета строительных конструкций и геотехнических обоснований в технологии BIM

2 марта 2017 / Москва, Holiday Inn Sokolniki

**СПИКЕРЫ** ARUP (Германия-Россия), SOFiSTiK AG (Германия), CALTER Ingenieria (Испания), ViMOTiON (Германия), Инфорспроект (Россия), СтальПроект (Россия), АПЕКС (Россия), СПбГПУ (Россия), ПСС (Россия)



Подробности и регистрация

[www.pss.spb.ru/sofistik2017](http://www.pss.spb.ru/sofistik2017)  
(812) 622-10-14



# YugBuild

## WorldBuild Krasnodar

Организатор выставки



КРАСНОДАРЭКСПО  
В выставочном комплексе ITI

Генеральный спонсор



Официальный информационный партнер



Спонсор раздела «Оборудование для водоснабжения и канализации»



Спонсор раздела «Строительные материалы»



Региональный информационный партнер



журнал для тех, кто строит и делает ремонт



## Международная выставка

строительных и отделочных материалов, инженерного оборудования и архитектурных проектов

28 февраля -  
3 марта 2017

12+

Краснодар

ул. Конгрессная, 1  
ВКК «Экспоград Юг»

[worldbuild-krasnodar.ru](http://worldbuild-krasnodar.ru)



МЕЖДУНАРОДНАЯ СТРОИТЕЛЬНО-ИНТЕРЬЕРНАЯ ВЫСТАВКА

**BATIMAT**<sup>®</sup>

**RUSSIA**

Архитектура. Строительство. Дизайн. Интерьер

**2017**  
28-31 марта

МВЦ «Крокус Экспо»  
г. Москва



ОРГАНИЗАТОРЫ:

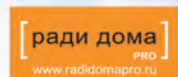


ВЫСТАВКА И ЖУРНАЛ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ



Международный выставочный центр

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



www.radiodomapro.ru

ГЛАВНЫЙ ОТРАСЛЕВОЙ  
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
ПАРТНЕР:



Реклама

+7 (495) 961 22 62

www.batimat-rus.com