

Учредитель журнала
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
№ 01038

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

инженер химик-технолог,
Почетный строитель России

Редакционный совет:

НИКОЛАЕВ С.В.,
председатель, д-р техн. наук, генеральный
директор ОАО «ЦНИИЭП жилища» (Москва)

БАРИНОВА Л.С.,
канд. хим. наук, вице-президент
Российского союза строителей (Москва)

ГАГАРИН В.Г.,
д-р техн. наук (Москва)

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

ЗАЙГРАЕВ А.С.,
генеральный директор ОАО «Иркутский
промстройпроект» (Иркутск)

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, член-корреспондент РААСН
(Курск)

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

ФРАНИВСКИЙ А.А.,
канд. техн. наук (Киев, Украина)

Editor-in-chief

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

Editorial Board:

NIKOLAEV S.,
Chairman, Doctor of Technical Sciences,
General Director, the Central Research and
Design Institute for Residential and Public
Buildings (Moscow)

BARINOVA L.,
Candidate of Chemical Sciences, Vice-President
of the Russian Union of Builders (Moscow)

GAGARIN V.,
Doctor of Technical Sciences (Moscow)

ZHUSUPBEKOV A.ZH.,
Doctor of Technical Sciences (Astana,
Kazakhstan)

ZAIGRAYEV A.,
General Director, ОАО «Irkutsky promstroy-
proyekt» (Irkutsk)

ZVEZDOV A.,
Doctor of Technical Sciences, President,
Association «Zhelezobeton» (Moscow)

IL'ICHEV V.,
Doctor of Technical Sciences, Academician of
RAACS, Research Supervisor of the Academic
Scientific and Creative Center of RAACS
(Moscow)

KOLCHUNOV V.,
Doctor of Technical Sciences, Corresponding
Member of RAACS (Kursk)

MANGUSHEV R.,
Doctor of Technical Sciences (Saint- Petersburg)

FRANIVSKY A.,
Candidate of Technical Sciences, (Kiev, Ukraine)

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Издается с 1958 г.

3'2014

Подземное строительство / Underground construction

Л.В. САПАЧЕВА
Эффективность общения
профессиональной аудитории на
конференциях и с помощью научно-
технических изданий 4

L.V. SAPACHEVA
Efficiency of contacts of professional
audience at conferences and with the
help of scientific and technical
publications 4

Р.А. МАНГУШЕВ
Вклад кафедры геотехники СПбГАСУ
в российское образование и науку 8

R.A. MANGUSHEV
Contribution of Department of
Geotechnics of SPBGASU to Russian
education and science 8

А.И. ОСОКИН, О.О. ДЕНИСОВА,
Т.Н. ШАХТАРИНА
Технологическое обеспечение подземного
строительства в условиях городской
застройки 16

A.I. OSOKIN, O.O. DENISOVA,
T.N. SHAKHTARINA
Technology support of underground
construction under conditions of urban
development 16

С.Г. БОГОВ
Адаптация струйной технологии для
целей освоения подземного пространства
в исторической части Санкт-Петербурга в
условиях слабых грунтов 25

S.G. BOGOV
Adaptation of jetting technology for
development of underground space in
the historical part of Saint-Petersburg
under conditions of weak soils 25

И.Я. ХАРЧЕНКО, О.В. БОГОМОЛОВА
Строительно-технологические
особенности применения струйной
цементации грунтов при устройстве
противофильтрационных завес 30

I.Ya. HARCHENKO, O.V. BOGOMOLOVA
Building and technological features
of the use of cement grout jetting of
soils at arrangement of anti-filtering
curtains 30

Экологическое строительство / Ecological construction

А.Н. РЕМИЗОВ, О.М. ЛАДЫГИНА
Стимулируем «зеленое» строительство. . 35

A.N. REMIZOV, O. LADYGINA
Stimulating the «green» construction. . 35

Материалы и конструкции / Materials and structures

А.А. ДАВИДЮК
Несущая способность анкерного крепежа
и гибкая базальто-пластиковых связей
в кладке из легкогобетонных блоков
на стекловидных заполнителях 39

A.A. DAVIDYUK
Bearing capacity of anchor fastening
and flexible basalt-plastic ties
in masonry made of light-concrete
blocks with glassy binders 39

Крупнопанельное домостроение / Large-panel housing construction

В.В. ДАНЕЛЬ
Решение проблемы вертикальных стыков
наружных стеновых панелей. 44

V.V. DANEL
Solution of problem of vertical joints of
external wall panels 44

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

Энергоэффективное строительство / Energy efficient construction

О.Д. САМАРИН	О. D. SAMARIN
Обоснование снижения теплозащиты ограждений с использованием актуализированной редакции СНиП 23-02-2003	Substantiation of reducing the heat protection of enclosures with the use of an actualized version of SNiP 23-02-2003
46	46
В.С. БЕЛЯЕВ, В.Ф. ТИХОНОВА	V.S. BELYAEV, V.F. TIKHONOVA
Энергоэффективные крыши и их теплотехнический расчет.	Energy efficient roofs and their thermo-technical calculations
49	49

Уважаемые читатели!

У вас в руках очередной номер журнала за 2014 г. В этом году мы изменили график выхода журнала, чтобы подписчики и рекламодатели могли получать журнал в соответствующем месяце. Кроме того, мы привели архитектуру журнала в соответствие с требованиями ВАК, которые теперь во многом сходны с требованиями международной базы цитирования Scopus.

Мы надеемся, что в обновленном виде журнал станет более информативным, доступным большему числу заинтересованных читателей как в нашей стране, так и за рубежом и дальше будет способствовать продвижению достижений российских ученых в практику производства и строительства.

Мы продолжим адресную рассылку в:

- Профильные комитеты Совета Федерации и Государственной Думы;
- Министерство регионального развития РФ
- Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ
 - Союз архитекторов РФ
 - Российскую академию архитектуры и строительных наук
 - Российскую инженерную академию
 - Российское общество инженеров строительства – РОИС
 - Российский союз строителей – РСС
 - Ассоциацию строителей России

В соответствии с утвержденным на 2014 г. планом журнал «Жилищное строительство» будет представлен на специализированных выставках, конференциях, семинарах, научных чтениях в Москве, регионах России и странах ближнего и дальнего зарубежья.

Обзоры прошедших мероприятий будут публиковаться в текущих номерах журнала.

Если вы хотите:

- быть постоянным участником научных обсуждений и дискуссий;
 - привлечь инвестора к своим разработкам;
 - найти потребителя вашей продукции и услуг;
- завязать партнерские отношения с коллегами за рубежом

**ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ на журнал «Жилищное строительство»,
размещайте в нем рекламу, публикуйте статьи!**

Адрес редакции:

Россия, 127434, Москва, Дмитровское ш., 9, стр. 3

Тел./факс: (499) 976-22-08; (499) 976-20-36

E-mail: mail@rifsm.ru gs-mag@mail.ru

www.rifsm.ru



Министерство регионального развития РФ
 Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН)
 Российский союз строителей



Центральный научно-исследовательский и проектный институт
 жилых и общественных зданий (ЦНИИЭП жилища)



Объединенная редакция научно-технических журналов
 «Жилищное строительство» и «Строительные материалы»®

IV Международная научно-практическая конференция «Развитие крупнопанельного домостроения в России»

InterConPan-IV

International Conference of Large-panel Construction

24–25 июня 2014 г.

Николаевский дворец, Санкт-Петербург, пл. Труда, 4

Тематика конференции:

- Состояние базы крупнопанельного домостроения в РФ
- Опыт модернизации предприятий КПД
- Оборудование и технологии
- Современные бетоны, добавки и пигменты
- Проблемы тепловлажностной обработки изделий и конструкций
- Архитектурно-планировочные решения крупнопанельных домов
- Качество и энергоэффективность полносборных зданий
- Расчет и конструирование узлов сборных элементов
- Применение архитектурного бетона
- Проблемы армирования ЖБК и КПД
- Опыт строительства крупнопанельного жилья

Программа конференции включает:

Пленарное заседание

Секции:

- «Архитектура и особенности проектных решений крупнопанельных зданий»
- «Гибкая технология предприятий ДСК и КПД»

Посещение

- Домостроительный комбинат «Группы ЛСР» (ЗАО «ДСК «Блок»)
- Строящийся жилой комплекс в Санкт-Петербурге



Спонсоры
 конференции:



Партнеры конференции:



К проведению конференции готовятся тематические номера журналов «Жилищное строительство» №5–2014 г. и «Строительные материалы»® №5–2014 г., в которых будут опубликованы основные пленарные и секционные доклады. Представление докладов в виде статей до 15.04.2014

Организационный комитет:

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

УДК 35.077.5

Л.В. САПАЧЕВА, канд. техн. наук

ООО РИФ «Стройматериалы» (127434, Москва, Дмитровское ш., 9, стр. 3)

Эффективность общения профессиональной аудитории на конференциях и с помощью научно-технических изданий

Проведение конференций является одной из самых замечательных традиций в жизни научного сообщества. Именно живое общение дает возможность обсуждать современные аспекты исследований, новые научные разработки, делиться мнениями, представлять своих учеников. Связь конференционной и издательской деятельности позволяет ученым наиболее эффективно продвигать результаты научно-технических работ, выносить для публичного обсуждения идеи теоретических и практических исследований, устанавливать связи между научными и производственными организациями.

Ключевые слова: геотехника, подземное пространство, конференция, научно-техническое издание.

L.V. SAPACHEVA, Candidate of Technical Sciences,
ООО РИФ "Stroy'materialy", (9/3 Dmitrovskoye Hwy, 127434 Moscow, Russian Federation)

Efficiency of contacts of professional audience at conferences and with the help of scientific and technical publications

Conferencing is one of the most remarkable traditions in the life of scientific community. It is live contacts make it possible to discuss current issues of research, new scientific developments, share views, present their students. Communication of conference and publishing activities enables scientists to effectively promote the results of scientific-technical works, to arrange the public discussion of the ideas of theoretical and practical studies, establish links between the scientific and industrial organizations.

Keywords: geotechnics, underground space, conference, scientific-technical publication.

На протяжении нескольких лет материалы, посвященные освоению подземного пространства, являются наиболее востребованными читательской аудиторией журнала «Жилищное строительство». Большинство работ – это научно-технические разработки, исследования ведущих ученых Российской Федерации, зарубежных коллег. Журнал «Жилищное строительство» стал современной трибуной обсуждения результатов разработок в области геотехнологий; представления работ молодых ученых; обсуждения законодательных актов; обзора значимых событий.

Традиционные тематические номера журнала, посвященные строительству и исследованию подземных инженерных конструкций различными методами, пользуются большим интересом у представителей профессионального сообщества. В разные годы статьи в журнале «Жилищное строительство» публиковали известные российские ученые, а также иностранные специалисты [1–7].

Одним из наиболее интересных событий в начале 2014 г. стала конференция, посвященная 80-летию юбилею образования кафедры геотехники Санкт-Петербургского го-



Ректор СПбГАСУ, д-р экон. наук Е.И. Рыбнов отметил активное участие сотрудников кафедры геотехники в проектировании, строительстве и научно-техническом сопровождении строительных объектов



Д-р техн. наук Р.А. Мангушев был не только председателем президиума конференции, но и активным участником обсуждения докладов коллег. Статью Рашида Абдуловича об истории кафедры читайте в этом номере журнала



Президент Казахстанской геотехнической ассоциации, д-р техн. наук А.Ж. Жусупбеков отметил, что сотрудники кафедры принимают активное участие в российских и международных научно-технических комитетах и советах



Dong-Soo Kim, директор геотехнического центра KAIST, Южная Корея



А.Г. Шашкин, ГК «Геореконструкция», Санкт-Петербург



В.М. Улицкий, Санкт-Петербургский университет путей сообщения

сударственного архитектурно-строительного университета (ранее – кафедра механики грунтов, оснований, фундаментов и инженерной геологии Ленинградского инженерно-строительного института). Организаторы приурочили проведение мероприятия к значимой для российской науки дате – 8 февраля 1724 г. В этот день 290 лет назад Указом императора России Петра I в Санкт-Петербурге была создана Российская академия наук. Ежегодно 8 февраля в России отмечается День российской науки – профессиональный праздник ученых.

Прошедшая в СПбГАСУ конференция «Современные геотехнологии в строительстве и их научно-техническое сопровождение» стала местом встречи выпускников кафедры геотехники. Более 320 специалистов из 18 городов России, СНГ и 14 ученых из дальнего зарубежья приняли участие в мероприятии.

О вкладе кафедры геотехники СПбГАСУ (ЛИСИ) в российское образование и науку подробно рассказал заведующий кафедрой геотехники профессор, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук **Рашид Абдуллович Мангушев**.

Кафедра динамично развивается, сохраняя и преумножая лучшие традиции старейшей школы гражданских инженеров; стремится к повышению своего статуса и укреплению имиджа кузницы архитектурно-строительных кадров, чей высокий научно-образовательный потенциал признан образовательным, научным и градостроительным сообществом. 15 подготовленных докторов наук, свыше 200 кандидатов технических наук – таков вклад кафедры в отече-

ственную строительную науку. Многие из выпускников кафедры сами возглавили научные или производственные организации, создали свои научные школы. Докладчики отмечали, что сотрудники кафедры не только обучают студентов и аспирантов, но и прививают любовь к науке, инженерному делу, изобретениям. Именно поэтому старшее поколение смогло передать стремление и любопытство к исследовательской деятельности своим детям: из стен кафедры вышло уже не одно поколение профессиональных династий ученых-геотехников.

Очень интересные с практической точки зрения доклады прозвучали на конференции. Особенно отметим доклад генерального директора ЗАО «Геострой» **А.И. Осокина** об опыте реконструкции шестизэтажного здания в центральной части Санкт-Петербурга (угол набережной Фонтанки и Невского проспекта) с подземным пространством [8]. Под всем зданием гостиницы предусмотрен заглубленный этаж для автостоянки автомобилей и технических помещений. Рядом с возводимым объектом находятся жилой дом и Дом журналиста – памятник истории и архитектуры позднего классицизма. Регулярный мониторинг и научно-техническое сопровождение реконструируемого здания и соседних с ним показали правильность выбранных решений, как наиболее щадящих для окружающей застройки. При устройстве буронабивных свай, откопке котлована, бетонировании плиты и начале работ по сооружению надземной части дополнительные осадки фундаментов соседних зданий, в частности, Дома журналиста (д. 70 по Невскому пр.), не превыси-



И.И. Сахаров, СПбГАСУ



З.Г. Тер-Мартirosян, МГСУ, Москва



П.А. Малинин, ГК «ИНЖПРОЕКТСТРОЙ», Пермь



О.А. Шулятов, НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, Москва



А.Л. Готман, ГУП институт «БашНИИстрой», Уфа



Jozsef Mecsi, Венгрия

ли 20 мм. Такие дополнительные осадки не являлись опасными для соседнего сооружения.

Значительный практический интерес для исследователей и специалистов в области механики грунтов, оснований и фундаментов представляют длительные мониторинговые наблюдения за осадками зданий и сооружений.

О таких исследованиях рассказал **В.А. Васенин** (ООО «ПИ Геореконструкция»). Работы выполнялись сотрудниками кафедры регулярно начиная с 1935 г. Системные работы проводились специалистами кафедры вплоть до 1992 г. За период 1935–1992 гг. собраны геодезические наблюдения более чем за 130 зданиями и сооружениями, преимущественно возведенными на фундаментах на естественном основании в условиях залегания толщ слабых грунтов. Выполненный анализ развития длительных скоростей осадок основной массы зданий исторической застройки на территории центральных районов города (исследовалось порядка 2300 зданий) за 220-летний период показал, что средние скорости длительных осадок оснований лежат в диапазонах 0,6–1,3 мм/год. По результатам анализа время завершенности конечных осадок зданий выборки с низкими скоростями длительных осадок составляет порядка 20–25 лет. Результаты сравнения

расчетных осадок с натурными (в условиях слабых грунтов) приводят к необходимости использования для расчета осадок более сложных методов и моделей, учитывающих как сдвиговые деформации на первичной ветви нагружения, так и деформации объемной и сдвиговой ползучести основания.

Доклады, представленные учеными из Российской Федерации, Белоруссии, Казахстана, Украины, Узбекистана, Польши, Венгрии, Хорватии, Словакии, Кореи, Эстонии, Франции и др., освещали опыт строительства конкретных объектов, теоретических и практических исследований грунтов оснований, фундаментных конструкций в разнообразных инженерно-геологических условиях. Рассмотрены вопросы устройства и проектирования оснований, фундаментных конструкций зданий и сооружений, аналитических и численных расчетов, лабораторных и полевых исследований, геомониторинга. Особое внимание было уделено проблемам, связанным с использованием новых геотехнологий по устройству подземных пространств, закреплению грунтов, устройству новых типов фундаментов, изучению грунтовых моделей основания, анализу инженерно-геологических и геотехнических особенностей отдельных территорий и регионов.

Известные ученые-геотехники представили своих молодых коллег-учеников, занимающихся фундаментальными и прикладными исследованиями. Порадовала довольно большая команда молодых ученых, профессионально подготовленных, владеющих языками. Научные руководители мудро предоставили возможность именно молодым ученым сделать доклады, ответить на вопросы аудитории.



А. Исина, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан



М.В. Парамонов, СПбГАСУ



В.А. Васенин, ГК «Геореконструкция», Санкт-Петербург



Для участников конференции были организованы технические экскурсии на строительство стадиона «Зенит-Арена», арбитражного суда и др. Специалисты оценили масштабы строительства и сложность геотехнических работ



Список литературы

1. Ильичев В.А., Никифорова Н.С., Готман Ю.А., Тупиков М.М., Трофимов Е.Ю. Анализ применения активных и пассивных методов защиты существующей застройки при подземном строительстве // *Жилищное строительство*. 2013. № 6. С. 25–27.
2. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З. Некоторые проблемы подземного строительства // *Жилищное строительство*. 2013. № 9. С. 2–5.
3. Петрухин В.П.. Геотехнические проблемы строительства в Москве // *Жилищное строительство*. 2010. № 7. С. 4–13.
4. Мангушев Р.А., Осокин А.И. Особенности устройства фундаментов исторических зданий Санкт-Петербурга // *Жилищное строительство*. 2009. № 2. С. 46–48.
5. Улицкий В.М., Шашкин А.Г. Устройство подземного объема второй сцены Мариинского театра в условиях слабых глинистых грунтов // *Жилищное строительство*. 2011. № 10. С. 24–31.
6. Парамонов В.Н., Сахаров И.И., Парамонов М.В. Опыт совместного расчета здания с испытывающим промерзание основанием // *Жилищное строительство*. 2011. № 2. С. 10–13.
7. Катценбах Р., Леппла Ш., Фоглер М., Дунаевский Р.А., Куттиг Х. Опыт оптимизации стоимости фундаментов высотных зданий // *Жилищное строительство*. 2010. № 5. С. 5–9.
8. Мангушев Р.А., Осокин А.И. Опыт реконструкции шестиэтажного здания с подземным пространством в центральной части Санкт-Петербурга // *Материалы международной научно-технической конференции «Современные геотехнологии в строительстве и их научно-техническое сопровождение» СПбГАСУ*, 2014. С. 60–71.
9. Il'ichev V. A., Nikiforova N.S., Gotman Yu.A., Tupikov M.M., Trofimov E.Yu. Analysis of the Use of Active and Passive Means of Protection of the Existing Development in the Course of Underground Construction. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2013. No. 6, pp. 25–27 (In Russian).
10. Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z. Some Problems of Under-ground Construction. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2013. No. 9, pp. 2–5 (In Russian).
11. Petrukhin V.P.. Geotechnical Problems of Construction in Moscow. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2010. No. 7, pp. 4–13 (In Russian).
12. Mangushev R.A., Osokin A.I. Features of Construction of Foundations of St. Petersburg Historical Buildings. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2009. No. 2, pp. 46–48 (In Russian).
13. Ulitsky V.M., Shashkin A.G. Construction of Underground Volume of the Second Stage of the Mariinsky Theatre Under Conditions of Soft Clay Soils. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2011. No. 10, pp. 24–31 (In Russian).
14. Paramonov V.N., Sakharov I.I., Paramonov M.V. Experience in Joint Calculation of a Building with a Foundation Suffering from Frost Penetration. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2011. No. 2, pp. 10–13 (In Russian).
15. Katsenbakh R., Leppla Sh., Fogler M., Dunaevsky R.A., Kh. Kuttig Experience in Optimization of Cost of High-Rise Buildings' Foundation. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2010. No. 5, pp. 5–9 (In Russian).
16. Mangushev R. A. Osokin A.I. Experience of reconstruction of the six-storied building with underground space in the central part of St. Petersburg. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Sovremennyye geotekhnologii v stroitel'stve i ikh nauchno-tekhnicheskoe soprovozhdenie [Materials of the international scientific and technical conference «Modern Geotechnologies in Construction and Their Scientific and Technical Maintenance»]*. SPbGASU, 2014, pp. 60–71. (In Russian).

References

УДК 624.131

Р.А. МАНГУШЕВ, д-р техн. наук, член-корр. РААСН

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

Вклад кафедры геотехники СПбГАСУ в российское образование и науку

Развитие геотехники в России во многом связано со строительством в XX в. крупных сооружений вдоль Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей, гидроэлектростанций на крупнейших реках Европейской и Азиатской частей страны, освоением природных богатств Сибири, Крайнего Севера, Средней Азии и Дальнего Востока. Строителям приходилось решать сложнейшие инженерные задачи, обусловленные разнообразными инженерно-геологическими условиями: вечной мерзлотой, оттаивающими, слабыми, просадочными, засоленными грунтами, сейсмикой, карстом и др. При этом решалась задача органического сочетания научных исследований с подготовкой инженерных и научных кадров. В статье приведена краткая история кафедры, периоды деятельности в XX в.: научно-технические исследования, нормативно-техническая документация, подготовка и издание монографий, подготовка специалистов. Показано, что научная, проектная и учебная деятельность кафедры геотехники в новейших условиях основанная на фундаменте славной 80-летней истории является основой дальнейшего развития.

Ключевые слова: геотехника, основания, фундаменты, инженерная геология, механика грунтов, фундаментостроение.

R.A. MANGUSHEV, Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of RAACS,
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 190005 Saint-Petersburg, Russian Federation)

Contribution of Department of Geotechnics of SPBGASU to Russian education and science

The development of geotechnics in Russia in many respects is connected with the construction in the twentieth century of large structures along the Trans-Siberian and Baikal-Amur mainline railroads, hydroelectric power stations on the largest rivers of the European and Asian parts of the country, development of natural resources of Siberia, the Far North, Central Asia and the Far East. The builders had to solve complex engineering problems caused by a variety of engineering-geological conditions: permafrost, melting, weak, sinking, saline soils, seismics, karst, and others. In doing so the problem of an organic combination of scientific research with training of engineering and scientific staff was solved. The article presents a brief history of the department, periods of activities in the XX century: scientific and technological research, normative-technological documentation, preparation and publication of monographs, training of specialists. It is shown that the scientific, design and educational activities of the Department of geotechnics under modern conditions, based on the foundation of the glorious 80-year history, are the basis for further development.

Keywords: geotechnics, bases, foundations, engineering geology, soil mechanics, foundation engineering.

В старейшем в России строительном вузе, образованном в 1832 г., долгие годы известном под названиями «Ленинградский инженерно-строительный институт» (ЛИСИ) – «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ), на всех этапах его развития большое внимание уделялось подготовке инженеров гражданского и промышленного строительства в области геотехники. Эту работу вот уже более 80 лет успешно выполняет кафедра геотехники (инженерной геологии, механики грунтов, фундаментостроения).

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ КАФЕДРЫ. ЗАВЕДУЮЩИЕ КАФЕДРОЙ

В 1928 г. по инициативе ведущих профессоров в то время Ленинградского института инженеров коммуналь-

ного строительства (ЛИИКС) Н.Н. Аистова, С.А. Тихонова, В.В. Эвальда и инженера Н.А. Цытовича создано отделение по испытанию грунтов, преобразованное в 1929 г. в самостоятельную лабораторию грунтоведения и механики грунтов. В 1933 г. лаборатория преобразована в кафедру оснований и фундаментов, которую возглавил проф. С.А. Тихонов (1933–1936 гг.), а в дальнейшем проф. Б.Д. Васильев (1936–1940 и 1944–1950 гг.).

В 1940 г. проф. Н.А. Цытович, организовал и возглавил кафедру механики грунтов, которой и руководил до 1948 г. В 1950 г. обе кафедры объединились под названием «Основания, фундаменты и механика грунтов», и до 1957 г. ее возглавлял проф. Н.Н. Маслов. Длительный период (1958–1990 гг.) заведующим кафедрой был проф. Б.И. Далматов. В 1990–2002 гг. кафедрой руководил проф. С.Н. Сотников. В 1992 г. кафедру переименовали в кафедру геотехники.



Николай Александрович Цытович – выпускник ЛИСИ, заслуженный деятель науки и техники СССР, д-р техн. наук, член-корр. АН СССР, Герой Социалистического Труда СССР. Организовал первую в СССР мерзлотную лабораторию для экспериментальных работ и стал по сути основоположником механики мерзлых грунтов. Работал на кафедре доцентом, профессором, заведующим кафедрой. Им изданы фундаментальные монографии «Основы механики мерзлых грунтов», «Механика мерзлых грунтов», «Механика грунтов» (общая и прикладная) и др., многочисленные учебники по механике грунтов и основаниям и фундаментам. Автор более 300 научных трудов, включая патенты на изобретение.



Борис Дмитриевич Васильев — окончил политехнический институт. Генерал-майор инженерных войск, д-р техн. наук, заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Крупный инженер-практик, автор учебников «Основания и фундаменты», монографии «Строительство зданий на сжимаемых грунтах» (1955 г.). С 1930 г. — профессор и заведующий кафедрой Военно-транспортной академии, затем заведующий кафедрой Высшего военного инженерно-технического училища. По совместительству заведовал в разные годы кафедрой «Основания и фундаменты» в ЛИСИ (с 1936 по 1940 г. и с 1944 по 1950 г.).

С 2002 г. и по настоящее время кафедру возглавляет проф. Р.А. Мангушев.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАФЕДРЫ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

Научно-исследовательская работа кафедры и подготовка научных кадров высшей квалификации.

В середине 1960-х гг. под руководством Б.И. Далматова на кафедре «Основания, фундаменты и механика грунтов» ЛИСИ создана научная школа по разработке следующих актуальных проблем геотехники:

- исследование физико-механических свойств грунтов как оснований зданий и сооружений;
- совершенствование фундаментостроения на слабых сильно сжимаемых грунтах, включая свайные фундаменты;
- исследование развития деформаций оснований сооружений и их прогноз;
- исследование свойств мерзлых, промерзающих, оттаивающих грунтов и использование их в качестве оснований сооружений;
- исследование динамических свойств грунтов и разработка методов оценки устойчивости оснований при динамических воздействиях;
- совершенствование методов укрепления оснований и усиления фундаментов зданий при их реконструкции.

Именно в то время была укреплена лабораторная база, реконструирована холодильная установка, созданы новые морозильные камеры. Это обеспечивало проведение широкого спектра мерзлотных исследований по хозяйственным НИР и госбюджетным темам аспирантов и соискателей.

К таким видам исследований относились диссертации В.С. Ласточкина, исследовавшего засоление грунтов для

укладки их в земляные сооружения при отрицательных температурах наружного воздуха (по заказу БратскГЭСстроя); В.М. Карпова, изучавшего причины деформаций зданий в районах глубокого сезонного промерзания (по заказу Минтрансстроя); В.М. Улицкого, исследовавшего особенности работы анкерных фундаментов в пучинистых грунтах на опытной площадке в г. Усолье-Сибирском и г. Ангарске Иркутской области (по заказу треста «Востоктяжстрой»); А.Н. Кудрявцева, изучавшего устойчивость фундаментов при промерзании грунтов во время строительства в Ленинграде и его пригородах (по договору о сотрудничестве с трестом № 101 ГЛС); В.Г. Науменко, исследовавшего фильтрационную устойчивость гипса в основании напорных сооружений; Н.Т. Валишева, изучавшего влияние сейсмического режима на динамическую устойчивость песчаных масс; В.Д. Карлова, выполнившего большой объем работ на опытных площадках в районе г. Череповца по исследованию пучинистых свойств грунтов и взаимодействия их с фундаментами сооружений по заказу треста «Череповецметаллургстрой»; В.Г. Симагина, проводившего экспериментальные исследования изменений свойств легко выветривающихся алеволитов в насыпях применительно к Братскому энергопромышленному району (по заказу БратскГЭСстроя).

Вопросы фундаментостроения на вечномерзлых грунтах исследовались В.В. Роциным и В.Н. Ивановым; взаимодействие пучинистых грунтов при промерзании с конструкциями подземных коммуникаций (трубопроводов) изучались В.М. Соколовым, Б.Б. Бакеновым, С.И. Алексеевым. Все эти работы велись под научным руководством проф. Б.И. Далматова, выполнялись для нужд крупных производственных строительных организаций и в тесном сотрудничестве с ними.

Исследования коллектива кафедры того периода по вопросам устройства фундаментов в условиях слабых и пучинистых (морозоопасных) грунтов в сущности, носили фундаментальный характер, что обеспечило создание на кафедре целой школы ученых, в которую входили как ее сотрудники, так и специалисты в этих областях в городах России и за рубежом.

В 1970-х гг. перед вузом была поставлена задача повышения эффективности научных исследований, что обусловило необходимость совершенствования организационных форм научной деятельности.

По инициативе Б.И. Далматова в 1977 г. при кафедре «Основания, фундаменты и механика грунтов» создана отраслевая лаборатория Ленгорисполкома по фундаментостроению, которую в разные годы возглавляли кандидаты техн. наук И.И. Костюков, Р.А. Мангушев, В.К. Чернов. В этой лаборатории по заданию крупнейших строительных и проектных организаций города (Главленинградстроя, Главзапстроя, Главленинградинжстроя, ЛенНИИпроекта и др.) проводились исследования по наиболее актуальным вопро-



Рис. 1. Исследовательские работы по изучению влияния новых свайных технологий на напряженно-деформированное состояние грунтового массива



Николай Николаевич Маслов – выпускник Петроградского института путей сообщения. Д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники СССР. Работал в изыскательской партии на Волховстрое, на строительстве Свирской ГЭС, в Ленинградском институте гидроэнергетики. С 1946 по 1958 г. руководил лабораторией инженерной геологии ВНИИ гидротехники. В период с 1950 по 1958 г. заведующий кафедрой «Основания и фундаменты» ЛИСИ. С его приходом на работу в ЛИСИ сформировалось новое для кафедры научное направление – гидротехническое строительство. Научные направления его деятельности включали: изучение физико-механических свойств грунтов, их динамические свойства, ползучесть, устойчивость массивов грунтов, деформации оснований сооружений. Автор более 200 научных трудов, включая широко известные учебники и монографии в области инженерной геологии и механики грунтов.

сам проектирования и устройства фундаментов в условиях слабых сильносжимаемых грунтов Ленинграда.

Большое внимание в это время уделялось исследованию и внедрению свайных фундаментов в условиях слабых грунтов. На долгие годы это направление стало одним из важнейших в работе кафедры. Были предложены новые типы свай и свайных фундаментов, совершенствовались их методы расчета. Результаты этих исследований активно внедрялись в производство [1].

Исследованию несущей способности свай и свайных фундаментов посвятили свои диссертационные работы В.Н. Морозов, Е.Л. Пылаев, Ф.К. Лапшин, Ю.В. Россихин, А.В. Пилягин. Новые конструкции и технология устройства свай в различных инженерно-геологических условиях исследованы в диссертациях В.И. Исаева, И.П. Сердюка, В.П. Перова, О.П. Калашниковой, В.Н. Калашникова, Г.Н. Яснеевича, Х.А. Мохаммед, А.П. Мишина, С.В. Бровина, Е.Э. Девальтовского, А.И. Осокина, А.В. Кузнецова.

Многие вопросы оценки свойств грунтов и напряженно-деформированного состояния оснований под фундаментами сооружений нашли свое решение в кандидатских диссертациях Н.Н. Леонтьева, А.В. Голли, До-Банга, Нгуен Ван Куанга, Г. Хайдига, Г.Г. Етимова, В.Н. Бронина, А.А. Собенина, О.Р. Голли, Н.И. Зеленковой, И.И. Костоюкова, В.М. Чикишева, В.Н. Чернова, С.М. Крышень, Р.А. Мангушева, В.И. Раковского, Е.Ф. Ежова, Ф.Г. Габдрахманова, Х.З. Бакенова, Е.С. Утенова, О.А. Шулятьева, М.Б. Лисюка, Х.В. Хусейна, Д.Д. Козина, А.М. Мухаммед, В.Н. Парамонова, А.Г. Шашкина, Д.В. Белова, А.А. Татарина, С.В. Ананьева, Е.С. Вознесенской.

С приходом на кафедру в 1979 г. проф. А.Б. Фадеева в исследованиях стали широко использоваться численные методы анализа взаимодействия грунтов оснований с сооружениями (на базе современных достижений нелинейной механики грунтов и вычислительной математики). Под его руководством подготовили и защитили кандидатские диссертации А.Ж. Жусупбеков, И.В. Носков, Фауз аз Абдель Азиз, А.В. Мельников, Л.К. Тихомирова, В.В. Кузеванов, В.А. Лукин, Г.А. Матвиенко, Т.Е. Жандильдин, З.И. Позднякова.

Непродолжительная (с 1976 по 1980 г.), но крайне эффективная работа проф. Н.К. Снитко на кафедре способствовала разработке методов расчета конструкций на упругом основании, изучению работы свай на горизонтальную и вертикальную нагрузки.

Значительный вклад в исследования кафедры по научному направлению «Совершенствование фундаментостроения на слабых сильно сжимаемых грунтах» внесли проф. Н.Н. Морарескул и С.Н. Сотников, защитившие докторские диссертации. Тема диссертации Н.Н. Мора-

рескула «Исследование оснований и фундаментов сооружений в торфяных грунтах» (1975 г.) была тесно связана со строительством на новых заболоченных территориях Ленинграда и в нефтеносных районах Западной Сибири. С.Н. Сотников посвятил свою диссертацию проблеме строительства и реконструкции фундаментов зданий и сооружений на слабых грунтах (1986 г.).

Следует отметить, что рассматриваемый период деятельности коллектива кафедры «Основания, фундаменты и механика грунтов» ЛИСИ в 1970–1980-х гг. характеризовался большим притоком молодых инженеров в аспирантуру, в том числе из-за рубежа. Многие из них в дальнейшем стали видными специалистами и учеными, докторами технических наук, профессорами, возглавили кафедры, вузы, научные и производственные организации. Докторские диссертации подготовили и защитили Ф.К. Лапшин, Ю.В. Россихин, В.Н. Иванов. Избраны заведующими кафедрами Ф.К. Лапшин, В.М. Улицкий, Р.А. Мангушев, А.В. Пилягин, А.Ж. Жусупбеков, В.Г. Симагин; ректором ТюмГАСУ стал В.М. Чикишев; генеральными директорами крупных научно-проектных организаций – В.Н. Иванов и А.Г. Шашкин; возглавили крупные геотехнические фирмы В.А. Иноземцев, В.А. Лукин, А.И. Осокин.

Подготовка и издание монографий и нормативно-технических документов

Многие научные работы и монографии по механике грунтов, основаниям и фундаментам, изданные в это время, долгие годы являлись настольными книгами научных работников, инженеров-строителей и проектировщиков.



Рис. 2. Измерение колебаний в конструкциях старого здания гостиницы «Невский Палас» при работе механизмов по устройству буронабивных свай (2007 г.)



Борис Иванович Далматов — окончил Ленинградский институт промышленного строительства. Д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники СССР. Защитил кандидатскую диссертацию в блокадном Ленинграде 14 января 1942 г., докторскую диссертацию в 1957 г.

Далматов Б.И. внес весомый вклад в различные области геотехники, включая строительство на мерзлых и оттаивающих грунтах, свайное фундаментостроение, теорию и практику строительства зданий и сооружений на слабых грунтах. В 1975 г. по его инициативе и при участии на базе ЛИСИ создана отраслевая научно-исследовательская лаборатория фундаментостроения при Ленинградском горисполкоме и Министерстве образования. Автор более 300 научных трудов, в числе которых многочисленные монографии и учебники по механике грунтов, основаниям и фундаментам. Б.И. Далматовым создана научная школа, включающая несколько направлений. Подготовил более 70 кандидатов и 8 докторов технических наук.

К ним следует отнести: Б.И. Далматов. «Воздействие морозного пучения грунтов на фундаменты сооружений» (1957 г.); Б.И. Далматов, М.Г. Давидсон. «Деформации здания и меры их предупреждения (применительно к зимним условиям)» (1958 г.); Б.И. Далматов, В.С. Ласточкин. «Искусственное засоление грунтов в строительстве» (1966 г.); Б.И. Далматов, В.С. Ласточкин. «Устройство газопроводов в пучинистых грунтах» (1978 г.). В монографии Б.И. Далматова, Ф.К. Лапшина и Ю.В. Россихина «Проектирование свайных фундаментов в условиях слабых грунтов» (1975 г.) освещены вопросы взаимодействия свай и свайных фундаментов с окружающим массивом грунта, определены новые подходы к оценке несущей способности свай, осадок свайных фундаментов, в том числе с учетом отрицательного трения.

В монографии А.Б. Фадеева «Метод конечных элементов в геотехнике» (1987 г.) обобщены работы в области решения нелинейных задач механики сыпучих тел, грунтов и горных пород; дано первое описание программы «Геомеханика», которая в дальнейшем совершенствовалась и успешно использовалась научными сотрудниками и проектировщиками для численного моделирования сложных задач геотехники.

Особенности проектирования фундаментов резервуаров в разнообразных инженерно-геологических условиях освещены в монографии Ю.К. Иванова, Б.А. Коновалова, Р.А. Мангушева, С.Н. Сотникова «Основания и фундаменты резервуаров» (Стройиздат, 1987 г.), которая была переиздана в 2009 г.

Особо следует отметить работу сотрудников кафедры по составлению территориальных (региональных) норм проек-

тирования: ВТУ 401-37-8-71 (1972 г.) и ТСН 50-302–96 «Устройство фундаментов гражданских зданий и сооружений в Санкт-Петербурге и на территориях, административно подчиненных Санкт-Петербургу» под редакцией проф. Б.И. Далматова, в составлении которых принимали участие профессора кафедры механики грунтов, оснований и фундаментов (геотехники) В.Н. Бронин, В.Д. Карлов, Р.А. Мангушев, И.И. Сахаров, С.Н. Сотников, А.Б. Фадеев, В.М. Улицкий. Позднее эти документы стали основой при разработке ТСН 50-302–2004 «Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге» под редакцией проф. В.М. Улицкого.

Учебно-научная издательская деятельность кафедры

Большая работа проведена кафедрой по изданию учебников и учебных пособий. Так, проф. Б.И. Далматов явился соавтором учебников по дисциплине «Основания и фундаменты» (1969 и 1970 гг.) под редакцией профессора Н.А. Цытовича.

Учебник Б.И. Далматова «Механика грунтов, основания и фундаменты» издавался дважды – в 1981 и 1988 г. и в то время стал настольной книгой для студентов и проектировщиков. Эта книга переведена на английский язык и опубликована издательством «Балкема» в Голландии.

Значительную роль в деле подготовки высококвалифицированных инженеров-строителей оказало учебное пособие «Проектирование фундаментов зданий и промышленных сооружений», составленное Б.И. Далматовым, Н.Н. Морарескулом, А.Г. Иовчуком и В.Г. Науменко, вышедшее в издательстве «Высшая школа» в 1969 г. и переизданное в 1986 г.

Активная научная деятельность кафедры, большой объем научных работ аспирантов, развитие творческого сотрудничества с крупнейшими производственными организациями, такими как Главленинградстрой, Главзапстрой, трест «Череповецметаллургстрой», управление строительства Братского лесопромышленного комплекса, Минтранстрой, управление строительства Братской ГЭС, Волжского автозавода, нефтедобывающие предприятия Западной Сибири и др., способствовали повышению научно-практического значения ежегодных научных конференций, проводимых в ЛИСИ. В качестве докладчиков на них выступали видные инженеры-практики, руководители указанных выше организаций, а также выдающиеся отечественные ученые и специалисты из других стран. Содержание докладов публиковалось в научных сборниках в виде тезисов или в полном изложении.

Высокое качество научных работ, их актуальность позволяли членам кафедры выступать на международных на-



Рис. 3. Возведенные корпуса новой гостиницы «Коринтия – Невский Палас»



Сергей Николаевич Сотников — выпускник геологического факультета ЛГУ. Д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Работал на кафедре с 1959 по 2005 г. Известный в городе специалист по строительству на слабых грунтах, реконструкции зданий и сооружений, усилению фундаментов. Принимает активное практическое участие в обследовании и строительстве уникальных объектов в Санкт-Петербурге. Под его руководством сформировалось новое научное направление — устройство фундаментов вблизи существующих зданий. Автор и соавтор более 150 научных трудов, среди которых две монографии, учебные пособия и учебники по механике грунтов, основаниям и фундаментам, патенты и авторские свидетельства на изобретение.

учных конференциях во многих странах мира. Так, сотрудники кафедры Б.И. Далматов, А.Б. Фадеев, С.Н. Сотников, В.Н. Бронин, В.М. Улицкий, Р.А. Мангушев выступали с научными докладами и сообщениями в Швеции, Германии, Финляндии, Японии, Чехословакии, Монголии, Польше, Австрии и др.

В 1980-х гг. несколько лет преподавал на французском языке дисциплины механика грунтов, основания и фундаменты в Республике Гвинея доцент кафедры И.И. Сахаров.

РАБОТА КАФЕДРЫ ГЕОТЕХНИКИ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI в.

Начало 1990-х гг. и переход к новой социально-экономической формации оказались сложным и болезненным как для всей России, так и для кафедры геотехники в частности. Из-за разрушения сложившейся строительной отрасли, закрытия многих предприятий резко упала созидательная экономическая активность, значительно сократился объем научно-исследовательских работ. Началась болезненная перестройка системы высшего образования. В эти сложные годы уходили из высшей школы многие квалифицированные сотрудники.

Вместе с тем накопленный в советское время научный багаж предыдущих исследований позволил в эти непростые годы завершить и успешно защитить докторские диссертации действующим сотрудникам кафедры В.М. Улицкому, Р.А. Мангушеву, В.Н. Бронину, В.Д. Карлову, И.И. Сахарову, выпускникам кафедры А.В. Пилягину, Нгуен Ван Куангу, В.М. Чикишеву, О.Р. Голли.

В начале XXI в. в Санкт-Петербурге началось интенсивное жилищное и гражданское строительство, а также реконструкция старого фонда и исторических зданий города. Эта активность отразилось и на востребованности строительных кадров, повышении престижа инженера-строителя.

В этот период сотрудники кафедры геотехники и Центра геотехнологий СПбГАСУ, который был организован в 1999 г. и действует в настоящее время под руководством Р.А. Мангушева, принимали активное участие в совершенствовании учебного процесса с учетом перехода на двухступенчатое образование, а также проводили большую научную и производственную деятельность, направленную на развитие строительного комплекса города.

Основными направлениями деятельности сотрудников кафедры в течение последних 13 лет являлись:

- подготовка инженерных и научных кадров;
- работа над новыми учебниками и учебными пособиями;
- участие в создании территориальных технических нормативных документов;
- проведение экспертиз и обследований;
- выполнение инженерно-геологических изысканий, лабораторных и полевых исследований;

- участие в проектировании и выполнении проектов сложных фундаментов;
- научно-техническое сопровождение и мониторинг строительства и реконструкции фундаментов различных зданий и сооружений.

Учебная и научная деятельность

За 13 лет кафедрой подготовлено порядка 400 инженеров, защитивших дипломный проект с углубленной проработкой подземной части сооружений. Такие специалисты в настоящее время являются наиболее востребованными на строительном рынке и почти все работают по специальности.

В 2000-х гг. подготовили и защитили докторские диссертации бывшие аспиранты кафедры С.И. Алексеев, С.А. Кудрявцев, А.Г. Шашкин. Успешно завершили кафедральную докторантуру и защитились В.Н. Парамонов и Р.А. Усманов.

Совершенствование методов проектирования и устройства фундаментов за последующее десятилетие привело к необходимости разработки новых учебников и учебных пособий. Так, под общей редакцией Б.И. Далматова коллективом профессоров кафедры в составе В.Н. Бронина, В.Д. Карлова, Р.А. Мангушева, И.И. Сахарова, С.Н. Сотникова, В.М. Улицкого и А.Б. Фадеева разработаны новые учебники «Основы геотехники»: часть 1 – «Механика грунтов» (2000) и часть 2 – «Основания и фундаменты» (2002), а также учебное пособие «Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений» (1999), переизданное с дополнениями в 2001 и 2006 гг.

С учетом перехода на двухступенчатую систему образования (бакалавры и магистры) коллективом авторов (Р.А. Мангушев, В.Д. Карлов, И.И. Сахаров) в 2009 г. подготовлен и издан первый учебник для бакалавров, рекомендованный Министерством образования РФ по направлению



Рис. 4. Производство работ методом top-down на строительстве второй сцены Мариинского театра



Рашид Абдулович Мангушев — выпускник строительного факультета ЛИСИ. Член-корр. РААСН, д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ. На кафедре работал на должностях научного сотрудника, ассистента, доцента, профессора. С 1974 г. специалист по строительству и реконструкции зданий и сооружений на слабых грунтах. Разработал новое направление — вариантное проектирование оптимальных по стоимости фундаментов зданий с учетом размещения сооружений в различных инженерно-геологических условиях. Автор более 220 печатных научных трудов, среди которых монографии, справочники, учебники, учебные пособия, авторские свидетельства и патенты на изобретение.

подготовки 550100 «Строительство» «Механика грунтов», а в 2011 г. — учебник для бакалавров «Основания и фундаменты» (авторы Р.А. Мангушев, В.Д. Карлов, И.И. Сахаров, А.И. Осокин).

В дополнение к учебникам и для подготовки магистрантов и инженеров по специальности «Уникальные здания и сооружения» специализации «Строительство подземных сооружений» кафедрой подготовлены учебные пособия под редакцией Р.А. Мангушева: «Современные свайные технологии», (Р.А. Мангушев, А.В. Ершов, А.И. Осокин, 2007 и 2010 — издание 2-е, дополненное и переработанное, 235 с.); «Методы подготовки и устройства искусственных оснований» (Р.А. Мангушев, Р.А. Усманов, С.В. Ланько, В.В. Коношников, 2012, 273 с.); «Проектирование и устройство

подземных сооружений в открытых котлованах» (Р.А. Мангушев, Н.С. Никифорова, В.В. Коношников, А.И. Осокин, 2013, 256 с.). Эти учебные пособия являются общероссийскими и используются при подготовке специалистов в области оснований и фундаментов.

Проектная и научно-производственная деятельность кафедры

В преддверии 300-летнего юбилея города сотрудниками кафедры выполнено обследование ряда исторических зданий перед их капитальной реконструкцией [2–5].

Так, под руководством проф. В.Н. Бронина проведено обследование фундаментов Ростральных колонн, фундаментов восточного крыла здания Главного штаба (ансамбль Дворцовой площади) для реконструкции этого крыла здания и приспособления его под выставочный зал филиала Эрмитажа, обследована часть фундаментов и решен вопрос об оптимальной глубине реконструируемого канала Инженерного замка.

Под руководством проф. Р.А. Мангушева выполнено углубление подвалов здания Сената по Шпалерной улице.

Большой объем работ по устройству новых видов и восстановлению старой гидроизоляции с использованием новых технологических приемов выполнен производственной фирмой «Подземстройреконструкция» под научным руководством проф. А.Б. Фадеева. В этих работах принимал непосредственное участие доцент кафедры А.В. Кузнецов.

При участии специалистов кафедры реконструированы такие значимые для города объекты, как Музей-квартира Пушкина на Мойке, дом-усадьба Державина на Фонтанке, здание Российской национальной библиотеки, ряд зданий универмага «Большой Гостиный Двор» на Невской линии и многие другие.

Одной из ведущих в городе геотехнических фирм по устройству буронабивных и буроинъекционных свай является фирма ЗАО «Геострой», возглавляемая кандидатами техн. наук, доцентами кафедры геотехники А.И. Осокиным (ген. директор) и С.В. Татариновым. За последние 15 лет более четверти новых и реконструируемых объектов Санкт-Петербурга построены на фундаментах, выполненных этой фирмой. При



Рис. 5. Инструментальное определение измененных свойств грунтов методом статического зондирования с использованием установки RIG 204 D (а) и пример осредненного графика q_c и f_c для площадки №2 (б)

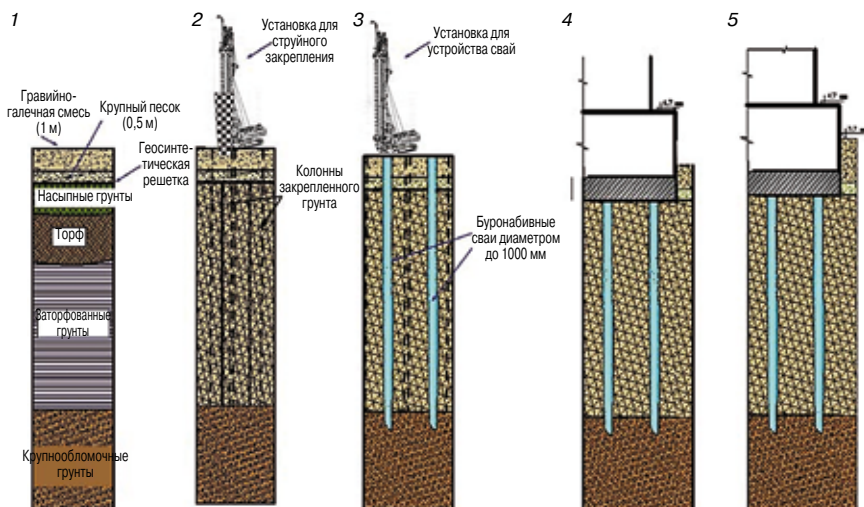
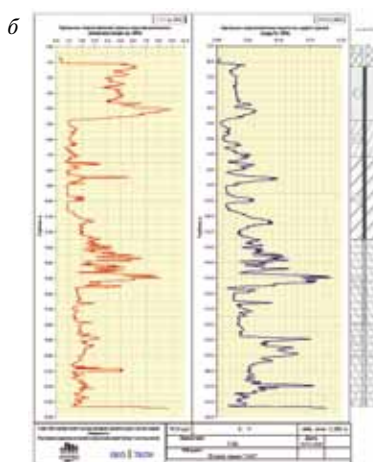


Рис. 6. Схемы предложенных технологий закрепления оснований и устройства свайных фундаментов под олимпийские объекты в Имеретинской долине



Рис. 7. Усиление тела фундамента и контактной зоны методом цементации

этом используются новые технологии и оборудование по устройству свай в грунте: «SOB-колонна», «Double Rotary», «DDS», «Jet Grouting» и др.

Из выполненных за последние годы строительных объектов под научным руководством и сопровождением сотрудников кафедры геотехники СПбГАСУ следует отметить: устройство свайного фундамента под памятник первому греческому президенту Кападистри (2003 г.), усиление и устройство противокapиллярной гидроизоляции в памятниках архитектуры XVIII в. – трех флигелях торгового комплекса «Сенная площадь» (2002 г.), проект и устройство свайного поля под здание супермаркета строительных товаров на Васильевском острове (2004 г.) и др.

Под руководством проф. Р.А. Мангушева сотрудниками кафедры выполнен ряд научно-исследовательских работ по заказу производственных фирм, изготавливающих сваи в грунте. Так, методом статического зондирования с использованием самоходной установки RIG 204 проведено изучение влияния устройства буронабивных свай по технологии DDS и «Double Rotary» на напряженно-деформированное состояние основания (рис. 1). Было выявлено, что данная технология оказывает влияние на грунты основания под фундаментами соседних зданий на расстоянии до 1,5–2,5 м, что позволило фирме «Геострой» выполнить свайные работы по устройству фундаментов нового здания гостиницы на пл. Островского, д. 4 в непосредственной близости от существующей застройки.

Большое участие приняли сотрудники кафедры геотехники в строительстве второй очереди гостиницы «Невский Палас – Коринтия» (Невский пр., д. 59 и 55). На этом объекте осуществлялось научно-техническое сопровождение строительства подземной части сооружений этих зданий, что позволило успешно провести строительство в сложных грунтовых условиях центра Санкт-Петербурга без ущерба для окружающей застройки (рис. 6, 7).

С середины 2008 г. кафедра геотехники и Центр геотехнологий приняли активное участие в разработке новой концепции ограждения и научно-техническом сопровождении строительства котлована большого объема (150×80×12,5 м) под вторую сцену Мариинского театра Санкт-Петербурга (рис. 4). Впервые в городе ограждение котлована, выполненное первоначально в виде металлического шпунта, было усилено вертикальной армированной



Рис. 8. Усиление существующих фундаментов буронабейно-цементными сваями

грунтоцементной стенкой, выполненной методом струйной технологии и объединено сверху железобетонной балкой. В дальнейшем для уменьшения влияния отрывки котлована на здания окружающей застройки его разработка производилась с использованием метода top-down.

Оценка измененных характеристик грунтов проводилась методом статического зондирования на трех площадках в нескольких десятках точек с использованием передвижной шведской установки статического зондирования RIG 204 D (рис. 5).

Результаты расчетного геотехнического обоснования, мониторинга и научно-технического сопровождения убедили в необходимости подготовки мероприятий по усилению оснований соседних зданий в процессе отрывки котлована.

В настоящее время строительство здания второй сцены Мариинского театра успешно закончено, театр сдан в эксплуатацию, а здания окружающей застройки успешно сохранены.

В 2009 г. сотрудниками кафедры были выполнены экспертиза инженерно-геологических изысканий и научно-техническое обоснование вариантов фундаментов под ряд олимпийских объектов в Имеретинской долине (Краснодарский край). На основе анализа инженерно-геологических изысканий предложены варианты фундаментов под здания



Рис. 9. Монтаж поворотного механизма сцены в заглубленном подземном пространстве

олимпийских объектов различной этажности и конфигурации (рис. 6).

В 2010 г. численными методами расчетов обоснованы и предложены варианты противооползневой защиты на олимпийских объектах в Красной Поляне – лыжном стадионе и коттеджном поселке.

В этих работах по подготовке к строительству олимпийских объектов приняли участие проф. Р.А. Мангушев, И.И. Сахаров, М.С. Захаров, доцент Р.А. Усманов, инженеры Н.В. Ошурков и А.В. Игошин.

В 2012–2013 гг. при участии сотрудников кафедры и Центра геотехнологий закончена реконструкция Российского государственного академического Большого драматического театра (АБДТ) им. Г.А. Товстоногова в Санкт-Петербурге (участие в научно-техническом сопровожде-

нии реконструкции подземной части сооружения). При реконструкции театра выполнялось усиление существующих фундаментов и углубление пространства под сценой и подвалов по периметру здания (рис. 7–9).

В декабре 2013 г. полная реконструкция Большого драматического театра им. Г.А. Товстоногова была успешно завершена.

Славная 80-летняя история является основой дальнейшего развития кафедры, перед которой стоят новые задачи, и в частности одна из первых – подготовка специалистов по новой специальности «Уникальные здания и сооружения» и специализации «Подземное строительство». Нет сомнений, что высококвалифицированный коллектив кафедры геотехники успешно справится как с этой задачей, так и с другими вызовами времени.

Список литературы

1. Карлов В.Д. Традиции кафедры геотехники (к 100-летию со дня рождения профессора Бориса Ивановича Далматова) // *Межвузовский тематический сборник трудов «Актуальные вопросы геотехники при решении сложных задач нового строительства и реконструкции»*. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2010. С. 8–13.
2. Мангушев Р.А. Применение современных конструктивных и технологических методов для устройства подземного пространства в г. Санкт-Петербурге // *Геотехника*. 2010. № 2. С. 58–67.
3. Мангушев Р.А., Осокин А.И. *Геотехника Санкт-Петербурга*. М.: АСВ, 2010. 259 с.
4. Мангушев Р.А. Вклад сотрудников кафедры геотехники и центра геотехнологий спбгасу в подготовку строительных кадров и практику фундаментостроения за период 2000–2010 гг. (К 100-летию со дня рождения профессора Б.И. Далматова) // *Геотехника*. 2010. № 5. С. 8–17.
5. Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2012. № 2. С. 15.

References

1. Karlov V.D. Traditions of chair of geotechnics (to the 100 anniversary since the birth of professor Boris Ivanovich Dalmatov). *The Interuniversity thematic collection of the works «Topical Issues of Geotechnics at the Solution of Complex Challenges of New Construction and Reconstruction»*. St. Petersburg. 2010, pp. 8–13.
2. Mangushev R.A. Application of modern constructive and technological methods for the device of underground space in St. Petersburg. *Geotechnics*. 2010. No. 2, pp. 58–67.
3. Mangushev R.A. Osokin A.I. *Geotekhnika Sankt-Peterburga [Geotekhnika of St. Petersburg]*. M.: ASV, 2010. 259 p.
4. Mangushev R.A. Contribution of staff of chair of geotechnics and the center of geotechnologies of spbgasu to preparation of construction shots and practice of foundation engineering during 2000–2010. (To the 100 anniversary since the birth of professor B.I. Dalmatova). *Geotechnics*. 2010. No. 5, pp. 8–17.
5. Ilyichev V.A. Mangushev R. A. Nikiforova N.C. Opyt of development of underground space of the russian megapolities. *Bases, bases and mechanics of soil*. 2012. No. 2, pp. 15.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА



Под общей редакцией Ильичева В.А. и Мангушева Р.А.
Справочник геотехника.
Основания, фундаменты и подземные сооружения
М.: АСВ, 2014. 728 с.

В справочнике в сводном виде, представлены основные вопросы инженерно-геологических изысканий, проектирования, устройства и реконструкции оснований и фундаментов, в том числе, в сложных и особых инженерно-геологических условиях. Особое внимание уделено современным нормативно-техническим документам, а также новым видам конструкций и технологиям устройства оснований и фундаментов, методам их расчета и проектирования, в том числе и тем, которые прошли производственную апробацию, но еще не получили отражение в существующих нормативных материалах. Освящены актуальные вопросы по проведению геотехнического мониторинга и использованию численных методов при геотехни-

ческих расчетах в проектировании.

Предназначено для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций, студентов строительных вузов и факультетов.

УДК 624.1

А.И. ОСОКИН¹, канд. техн. наук, О.О. ДЕНИСОВА², инженер-конструктор,
Т.Н. ШАХТАРИНА¹, инженер¹ ЗАО «ГЕОСТРОЙ» (191180, Санкт-Петербург, Загородный пр., 27/21),² ООО «Бюро экспертизы и совершенствования проектных решений» (197046, Санкт-Петербург, ул. М. Посадская, 4)

Технологическое обеспечение подземного строительства в условиях городской застройки

В настоящее время потребительскую стоимость жилья во многом определяют не только состав, планировочные решения, архитектура здания, но и его инженерное оснащение, позволяющее создать комфортность пребывания в нем. Наличие транспортной инфраструктуры, подземного паркинга увеличивает стоимость жилья. В сложившейся практике строительства в Санкт-Петербурге в последние годы обозначились основные проектные решения по освоению подземного пространства как в центральной исторической части города, так и в районах массовой жилой застройки. Рассмотрены возникающие риски при подземном строительстве и устройстве котлованов в зависимости от строительной ситуации объекта, инженерно-геологических условий площадки, технологии производства работ и проведена их оценка. Для выбора модели геотехнического строительства предложено выполнять геотехническое обоснование с оценкой эффективности возможных вариантов ограждения котлована.

Ключевые слова: буровые сваи, буронабивные сваи, технология top-down, технология jet grouting, технология up-down, стена в грунте.

A.I. OSOKIN¹, Candidate of Technical Sciences, O.O. DENISOVA², Design engineer, T.N. SHAKHTARINA¹, engineer¹ ZAO "GEOSTROY" (27/21, Zagorodny passage, 191180 Saint-Petersburg, Russian Federation)² OOO «Bureau of examination and improvement of design decisions» (4, Malaya Posadskaya Street, 197046 Saint-Petersburg, Russian Federation)

Technology support of underground construction under conditions of urban development

At present, the user value of housing is largely determined not only by the composition, layout schemes, architecture of a building, but also its engineering equipment making it possible to create a comfortable stay in it. The availability of transport infrastructure and underground parking increase the cost of housing. In the accepted practice of construction in St. Petersburg in recent years, major design decisions on the development of underground space both in the central historical part of the city and in areas of mass housing development have appeared. Risks, which occur in the course of underground construction and excavation depending on the construction situation of the project, engineering-geological conditions of the site, construction technology are considered; their assessment is made. For selecting the model of geotechnical construction it is proposed to prepare the geotechnical substantiation with the evaluation of efficiency of possible variants of foundation pit shoring.

Keywords: bored piles, cast piles, top down technology, jet grouting technology, up-down technology, slurry wall.

В традиционных проектных решениях подвальная часть зданий (это касается исторической застройки) является частью фундаментной конструкции и имеет высоту, определяемую из условий заглубления фундамента с опиранием на несущий слой грунта и гидрогеологических условий площадки. В центральной части Санкт-Петербурга, как правило, несущим слоем для основной застройки XVIII–XIX вв. являются слои морских отложений, представленных песками пылеватыми и мелкими средней плотности, супесями пластичными. Для сооружений и зданий невысоких, так называемых дач, коттеджей и загородных дворцов глубина подвальных помещений при их устройстве определялась из требования заглубления подошвы фундамента ниже глубины сезонного промерзания грунтов.

Сдерживающим фактором для активного освоения подземного пространства в Санкт-Петербурге в XX в. было понимание и осознание того, что технологический и технический уровень строительных организаций не позволял выполнять глубокие котлованы и вести подземное строительство без реального риска аварийных ситуаций [1–5]. Укреплению этой позиции способствовали возникшие в конце 1980-х и начале 1990-х гг. на разных пло-

щадках строящихся и реконструируемых зданий в историческом центре города при устройстве их подземных частей аварийные деформации в окружающей застройке с необходимостью расселения. Таким образом, долгое время считалось, что строительство подземных сооружений и частей здания в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга невозможно и ограничено по глубине.

Уже в середине 1990-х гг. при научном руководстве сотрудников кафедры геотехники Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета были внедрены первые проекты устройства котлованов вблизи существующих зданий с устройством ограждения в виде секущихся буронабивных свай. Для устройства свай использовалась российская буровая техника, изготовленная для геологического бурения и приспособленная с помощью специалистов Всероссийского научно-исследовательского института методики и техники разведки (ВИТР) к задачам строительного бурения. Первые конструкции были выполнены из буровых свай, устраиваемых в скважинах под защитой глинистого (бентонитового) раствора. Технология оказалась щадящей для соседних зданий. Было выполнено несколько первых объектов. Одна-



Рис. 1. Подземный гараж вблизи уже построенных домов (1994 г., Санкт-Петербург, ул. Пархоменко, 14)

ко глубина котлованов с использованием указанной технологии лимитировалась технологическими особенностями бурения, не позволяющими обеспечить сплошность конструкции на глубине более 5–6 м при диаметре шарошки до 350–500 мм. В 1994 г. начали применять короткие проходные шнеки диаметром 250, 300, 350, 400, 450 мм, которые имели большую жесткость, чем буровой став установки трехшарошечного бурения, что позволило сделать следующий шаг и глубина котлованов с ограждением буровыми сваями стала составлять до 4, 5 м.

В указанный период получило распространение ограждение котлованов при помощи металлического шпунта Ларсен IV, Ларсен V, погружаемого вибрацией. В конце 1990-х гг. для вибропогружения стали использовать биорезонансные вибропогружатели, а также шпунт Алселлор, ТиссонКрупп, трубошпунт фирмы «Берег», что также расширило технологические возможности устройства котлованов. Однако при вибрационном воздействии в водонасыщенных пылевато-глинистых грунтах наблюдаются процессы тиксотропного разупрочнения, что ограничивает использование указанной технологии. В 2003 г. впервые было применено вдавливание шпунта с использованием установок BANUT. В последние годы получила использование технология вдавливания шпунта с использованием установок японского и английского производства.

В 1994 г. впервые в Санкт-Петербурге был выполнен котлован с ограждением его из буронабивных свай диаметром 620 мм, устраиваемых под защитой обсадных труб. Данная технология позволила увеличить глубину устраиваемых под таким ограждением котлованов уже до 21 м. При использовании указанной технологии для повышения устойчивости стенок котлованов (определяется расчетом) мы можем использовать следующие диаметры бурения кроме указанного – 880, 1020, 1180, 1500 и до 2000 мм (рис. 1).

Вот уже более 10 лет в Санкт-Петербурге используется технология устройства котлованов при ограждении конструкцией «стена в грунте», когда при помощи специального оборудования производится откопка траншеи проектной глубины под защитой бентонитового раствора с последующим погружением в устроенную траншею арматурного каркаса и заполнением ее бетоном методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ). Достоинством данной технологии является возможность использовать устраиваемую кон-



Рис. 2. Комплекс работ нулевого цикла по строительству подземного паркинга кинотеатра «Великан»: устройство ограждающей конструкции по технологии «стена в грунте», свайного поля по технологии «SOB-колонна», откопка котлована и устройство железобетонных монолитных конструкций

струкцию в качестве фундамента строящегося здания. Таким образом, технологическое и конструктивное совмещение функций дает значительное преимущество данной конструкции по отношению к металлическому шпунту (рис. 2).

С углублением выработок изменяется и технология крепления стенок котлована. Так, при глубине котлованов до 3,5 м специалистами ЗАО «Геострой» чаще всего используется консольное проектирование конструкции ограждения котлована при глубине до 7–8 м. Используются распорки, расстрелы, анкерное крепление и подкосы, в случае же глубоких котлованов с отметкой копания более 8 м в застроенной части города становится популярной технология top-down, когда откопка котлована выполняется под защитой устраиваемых по глубине перекрытий, обеспечивая таким образом устойчивость конструкции ограждения котлована. Появилась технология up-down, представляющая интерес за счет совмещения процессов строительства по откопке котлована вниз с одновременным возведением конструкций наземной части здания.

С началом нового тысячелетия на берегах Невы появилась и широко внедрена технология устройства котлованов из стабилизированного грунта с использованием технологии jet grouting. В условиях реконструкции и требований щадящего ведения работ по отношению к существующим конструкциям единственным способом является выполнение закрепления грунта вокруг котлована.

При строительстве подземных сооружений принято рассматривать следующие основные способы устройства котлованов:

- строительство в открытых котлованах с откосами, в том числе с креплением их георешетками, закрепление откосов при помощи стабилизации грунта высоконапорной инъекцией (jet grouting), армирование откосов и пр.;
- строительство в открытых котлованах с креплением стенок деревянным, металлическим, композитным, железобетонным шпунтом;
- устройство ограждения котлована способом «стена в грунте», устраиваемым рейферным методом или из секущихся свай;
- способ опускного колодца, в редких случаях с использованием кессона;

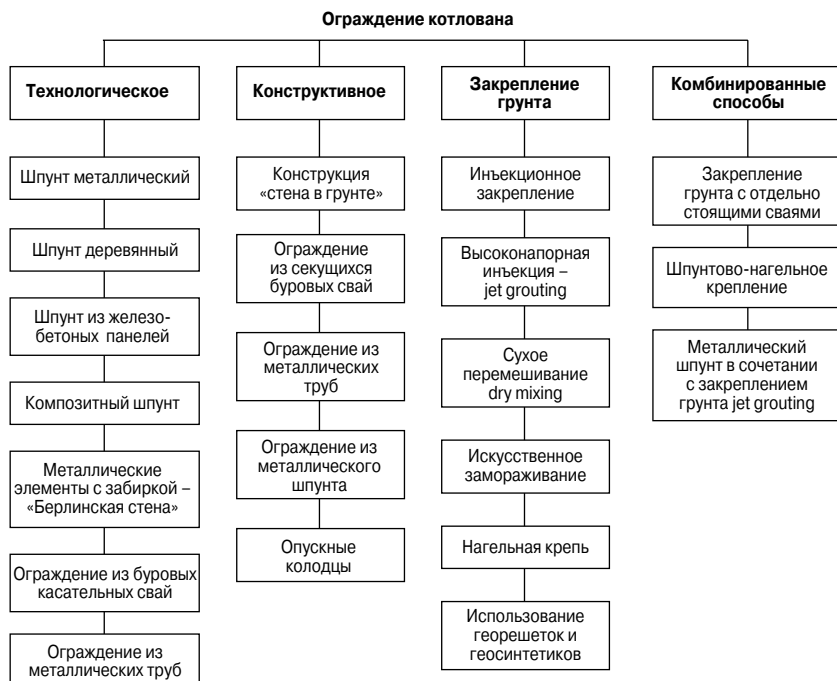


Рис. 3. Способы закрепления ограждения котлована

– создание льдогрунтовой стенки методом рассольного или азотного замораживания.

В гидрогеологических условиях центральной части Санкт-Петербурга, когда на большую глубину залегают водонасыщенные пылевато-глинистые грунты, важным условием успешного строительства является правильно выбранный способ водопонижения и водоотлива (рис. 3). При устройстве глубоких котлованов (более 5 м) требуется расчетное и научно обоснованное решение по выбору способа котлованных работ в сочетании с водопонижением или закреплением грунтов для создания противофильтрационной завесы (ПФЗ).

Задача обеспечения безопасности геотехнического строительства в городской застройке требует особое внимание уделять вопросам минимизации рисков влияния на существующую застройку, для чего рассчитываются, разрабатываются регламенты и проекты производства работ, которые включают в свой состав требования и ограничение параметров технологического воздействия на грунтовую среду вокруг котлована и соответственно на окружающие здания. Для обеспечения сохранности архитектурных и



Рис. 4. Устройство «стены в грунте» из буросекущихся свай на объекте Апраксин двор

исторических памятников любое действие на строительной площадке оценивается с точки зрения возможного воздействия на застройку.

За более чем два десятилетия работы в историческом центре Санкт-Петербурга специалисты ЗАО «Геострой» накопили большой опыт конструктивных решений, адаптированных к питерским грунтам, современных технологий устройства котлованов, подземных выработок, закрепления и стабилизации слабых грунтов.

Таким образом, строительство любого подземного сооружения в центральной части города определяется техническими решениями проекта, технологией ведения специальных работ по устройству подземной части здания открытым способом, и, как правило, такое строительство – это комплекс различных мер по исключению технических и производственных технологических рисков. Такой комплекс включает вариативный подход и расчетное обоснование технологии крепления котлована, разработки грунта в нем и устройства конструкций

сооружения, инженерных мероприятий по защите котлована и подземного сооружения от подземных вод, инженерных мероприятий по обеспечению сохранности вблизи расположенной застройки, а также обеспечение соблюдения экологических требований по охране окружающей среды (рис. 4, 5).

На выбор технологии возводимого открытым способом подземного сооружения влияют следующие факторы: габариты подземного сооружения в плане и по глубине, месторасположение подземного сооружения (строительство на свободной территории или в условиях тесной существующей застройки), инженерно-геологические и гидрогеологические условия участка строительства, необходимость соблюдения экологических требований по охране окружающей среды, экономические соображения, возможности строительной организации.

При проектировании подземных сооружений в соответствии с нормативными требованиями в состав работ включается геотехнический прогноз влияния строительства на изменение напряженно-деформированного состояния окружающей площадку строительства грунтового массива и деформации существующих зданий и сооружений. Выбранная технология должна отвечать соблюдению значений предельно допустимых дополнительных деформаций эксплуатируемых зданий, попадающих в зону влияния нового строительства, которые устанавливаются нормативом с учетом их технического состояния. Справедливости ради следует отметить, что существующие нормативные документы вводят жесткие требования по отношению к дополнительным деформациям исторической застройки, что, по мнению авторов, в грунтовых условиях Санкт-Петербурга может полностью исключить какое-либо строительство и котлованные работы рядом с историческими зданиями. При проектировании подземных сооружений, перекрывающих частично или полностью естественные фильтрационные потоки в грунтовом массиве, а также изменяющих условия и пути фильтрации подземных вод, следует выполнять прогноз изменений гидрогеологического режима площадки строительства.



Рис. 5. Подземные работы на объекте в Санкт-Петербурге (ул. Правды, 10): а – грейферная установка для устройства «стены в грунте»; б – распорная конструкция для удержания стен котлована

Конструктивные решения и технологические требования при устройстве ограждения при строительстве подземного сооружения открытым способом должны обеспечивать устойчивость стен котлована в процессе и после полной разработки грунта, быть достаточными для восприятия нагрузки от сооружения, если ограждение входит в состав конструкции подземного сооружения, обеспечивать водонепроницаемость, если невозможно или экономически нецелесообразно водопонижение, обеспечивать сохранность эксплуатируемых наземных и подземных объектов, попадающих в зону влияния строящегося подземного сооружения, обеспечивать соблюдение экологических требований (соблюдение допустимых норм по шуму, вибрации, защите окружающей среды).

Казалось бы является очевидным, что этап котлованных работ или нулевого цикла – это старт инвестиционного проекта и у инвестора должны быть средства на его реализацию. Однако опыт последних десятилетий показывает, что в условиях зависимости от бюджетного финансирования возникают риски приостановки, замораживания финансирования еще на стадии откопки котлована или в начальной стадии строительных работ. Данные риски относятся к экономическим и административным, но напрямую влияют на создание технических рисков и создают неблагоприятные последствия для объекта и зданий окружающей застройки. Исключением подобных рисков может стать страхование объекта не только по ответственности

перед третьими лицами, но и по покрытию рисков приостановки строительства на стадии строительства «нулевого» цикла. Необходимо включить страховое покрытие в случае приостановки работ более чем на год в сумме консервации (засыпке котлована) и обеспечение безопасности соседней застройки.

При современном щадящем подходе к подземному строительству основными технологиями признаются способы устройства ограждения котлована методом «стена в грунте». Данная конструкция ограждающей стены устраивается либо из секущихся буронабивных свай, либо грейферным способом. В последние годы устройство конструкций ограждения котлованов из секущихся буронабивных свай нашло широкое применение. Одна из возможных причин этого предпочтения на отечественном геотехническом рынке на наш взгляд чисто экономическая. Буровые установки, используемые для устройства буронабивных свай, значительно дешевле комплексов для устройства «стены в грунте» при помощи грейферного оборудования, где в их состав входит технологический комплекс бентонитового завода. Ограждение котлована, выполненное методом «стена в грунте», имеет существенные преимущества как в технических вопросах обеспечения строительного подземного пространства гидроизоляционной защитой, так и за счет совмещения функций ограждения котлована и несущей конструкции фундамента строящегося здания или сооружения (рис. 6).



Рис. 6. Устройство подземной части здания Арбитражного суда (ул. Смольного, 6): а – грейферное оборудование для устройства «стены в грунте»; б – откопка котлована методом top-down

Появившийся в последние годы в практике геотехников способ разработки грунта в котловане top-down, когда грунт извлекается через оставляемые в перекрытии многоэтажных подземных сооружений технологические отверстия, неплохо зарекомендовал себя при его использовании в центральных районах Санкт-Петербурга. Достоинством данной системы является условие, что дополнительное раскрепление ограждающих стен котлована применяется только на участках, где этого требует статический расчет. Данный способ снижает и риски влияния приостановки строительства на стадии котлована, так как раскрепляющие котлован конструкции входят в состав конструкций здания (перекрытия, колонны).

Практическое использование ограждения из буронабивных свай показало, что оно относится к малодеформирующимся видам крепления. Данное крепление котлована целесообразно применять в случае больших нагрузок по его бровке, а также в случаях, когда на сваи в составе конструкции ограждения передаются нагрузки от строящегося сооружения (используются в качестве корпусных свай). Ограждение котлованов из касательных свай (имеющих касательное сопряжение) показало высокую надежность и эффективность конструкции в грунтовых условиях центрального района Санкт-Петербурга в сочетании с устройством инъекционной шпонки на стыке сопрягающихся свай или закреплением массива грунта при помощи высоконапорной инъекции (технологии jet grouting). Для обеспечения совместной работы поверху стенки устраивается обвязочная железобетонная балка.

Опыт устройства ограждения котлованов из секущихся буронабивных свай показал возможность применения данного способа в грунтовых условиях Санкт-Петербурга: в условиях освободенных пылевато-глинистых грунтов при высоком расположении уровня подземных вод. Параметрами, определяющими успех, являются технологические и инструментальные особенности процесса изготовления стенки из секущихся буронабивных свай. В практике строительства Санкт-Петербурга используются размеры буронабивных свай для устройства стенок ограждения котлована от 350 до 1500 мм. В условиях слабых грунтов для исключения выпора грунта в скважину устраивается так называемая «грунтовая пробка» или осуществляется бурение под бентонитовым или гидравлическим грузом.



Рис. 7. Строительство подземного паркинга: ограждающая конструкция из металлического z-образного шпунта методом вдавливания (Невский пр., 55)

К преимуществам ограждений из буронабивных свай в качестве конструкции ограждения котлованов можно отнести: предсказуемость несущей способности и непрерывный геотехнический контроль в процессе бурения с обеспечением критерия надежности; обеспечение требуемой несущей способности за счет достижения бурением прочных грунтов, залегающих на большой глубине, при этом сваи могут быть различной длины, что оптимизирует затраты на выполнение ограждения котлована. Буронабивные сваи обладают высоким диапазоном возможного восприятия нагрузок, что оправданно позволяет проектировать ограждающие котлован стенки из касательных или секущихся свай с функциональным использованием их в качестве несущих.

Стальные шпунтовые ограждения в определенных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях и при глубине котлована до 7–8 м по технико-экономическим показателям могут оказаться эффективнее других способов ограждения котлованов. Применение этого вида ограждающих элементов, погружаемых, как правило, при помощи вибрации с использованием безрезонансных вибраторов или вдавливанием, регламентируется состоянием вблизи расположенных эксплуатируемых сооружений. Кроме того, шпунтовая стена из металлического шпунта относится к гибким конструкциям, способным получать значительные горизонтальные деформации (рис. 7).

Технология струйной цементации, или технология jet-grouting заключается в разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора, исходящего под высоким давлением из монитора, расположенного на нижнем конце буровой колонны. Оборудование для реализации струйной цементации включает: буровую установку, растворонасос с давлением нагнетания цементного раствора 30–60 МПа, шланги высокого давления, монитор и керамические сопла. Параметры закрепляющей смеси зависят от используемого оборудования и назначаются в проекте производства работ. В результате в грунтовом массиве формируются сваи диаметром 0,6–1 м из нового материала – грунтобетона с достаточно высокими несущими и противодиффузионными характеристиками (рис. 8). Расположение грунтоцементных



Рис. 8. Устройство противодиффузионных завес. Укрепление основания проезжей части набережной Обводного канала по технологии jet grouting

свай в плане определяется проектом и результатами, которые получены на опытной площадке и могут иметь однорядное, двухрядное и трехрядное расположение в шахматном порядке. Есть положительное практическое использование комбинированных решений с применением технологии закрепления грунта в сочетании с буронабивными сваями, металлическими трубами и балками, когда последние используются для повышения жесткости и принимаются по расчету на моментные и горизонтальные нагрузки.

Применение технологии jet-grouting на ряде объектов Санкт-Петербурга в сложных инженерно-геологических условиях показало эффективность и перспективность этой технологии как при новом строительстве, так и при реконструкции зданий, выполняемых в условиях тесной городской застройки.

Список литературы

1. Мангушев Р.А., Осокин А.И. Особенности устройства фундаментов исторических зданий Санкт-Петербурга // *Жилищное строительство*. 2009. № 2. С. 46–48.
2. Мангушев Р.А., Никифорова Н.С., Конюшков В.В., Осокин А.И., Сапин Д.А. *Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах*. М.: АСВ, 2013. 256 с.
3. Осокин А.И., Серебрякова А.Б., Шахтарина Т.Н., Шубин А.И. Подземные паркинги – основа совершенствования городской инфраструктуры мегаполисов (на примере Санкт-Петербурга) // *Жилищное строительство*. 2010. № 5. С. 32–34.
4. Безродный К.П., А.Г. Мацегора А.Г., В.И. Маслак В.И., Осокин А.И., Болтинцев В.Б., Ильяхин В.Н. Контроль инъекционного укрепления в грунтовых условиях Санкт-Петербурга // *Жилищное строительство*. 2009. № 2. С. 4–9.
5. Мангушев Р.А., Осокин А.И. *Геотехника Санкт-Петербурга*. М.: АСВ, 2010. 259 с.

Таким образом, в многообразии используемых конструктивных и технологических решений, в широкой линейке имеющегося на рынке современного специального оборудования, позволяющего выполнять работы по устройству ограждающих конструкций котлованов в условиях Санкт-Петербурга, не так просто разобраться. Для выбора и выстраивания модели геотехнической безопасности объекта строительства нами предлагается уже на первой стадии проработки идеи строительства здания или сооружения с подземным пространством выполнить геотехническое обоснование (ГТО) с оценкой эффективности и рисков каждого из возможных вариантов ограждения котлована (принимаются, как правило, три-четыре возможных). Полученные данные помогают в определении каждого из последующих шагов разработки проекта и отбора технологии для его реализации.

References

1. Mangushev R.A., Osokin A.I. Features of Construction of Foundations of St. Petersburg Historical Buildings. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2010. No. 5, pp. 32–34.
2. Mangushev R. A., Nikiforova N. S., Konyushkov V. V., Osokin A.I. Sapin D. A. *Proektirovanie i ustroistvo podzemnykh sooruzhenii v otkrytykh kotlovanakh [Design and the device of underground constructions in open ditches]*. М.: ASV, 2013. 256 p.
3. A.I. Osokin, A.B. Serebryakova, T.N. Shakhtarina, A.I. Shubin Underground Parkings – a Basis of Improvement of City Infrastructure of Megapolises (on an Example of St.-Petersburg) *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2010. No. 5, pp. 32–34.
4. Bezrodny K.P., Matsegora A.G., Maslak V.I., Osokin A.I., Boltintsev V.B., Ilyakhin V.N. Control over Injection Stabilization under Soil Conditions of St. Petersburg. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2009. No. 2, pp. 4–9.
5. Mangushev R.A. Osokin A.I. *Geotekhnika Sankt-Peterburga [Geotekhnika of St. Petersburg]*. М.: ASV, 2010. 259 p.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА



Мангушев Р.А., Никифорова Н.С., Конюшков В.В., Осокин А.И., Сапин Д.А.
Проектирование и устройство подземных сооружений
в открытых котлованах: Учебное пособие
М., СПб.: АСВ, 2013. 256 с.

В книге выполнен обзор и анализ существующих конструкторских и технологических методов устройства котлованов и их ограждений, рассмотрены различные методы по их расчету и проектированию, способы водопонижения в котлованах и водозащиты подземных сооружений, требования к геомониторингу и научному сопровождению во время их строительства. Представлен отечественный и зарубежный опыт возникших проблем при устройстве котлованов больших глубин и размеров. Приведены примеры успешного устройства котлованов больших объемов и глубин открытым способом в городах Москве и Санкт-Петербурге.

Предназначено для студентов строительных вузов, обучающихся по магистерским программам по специализации «Строительство», специалитета «Строительство уникальных зданий и сооружений», слушателей институтов повышения квалификации и инженерно-технических работников и руководителей, проектных и производственных организаций.

16-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
СТЕКЛОПРОДУКЦИИ, ТЕХНОЛОГИЙ
И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
И ОБРАБОТКИ СТЕКЛА

МИР СТЕКЛА

Производство. Архитектура. Декор

4—6 июня 2014

www.mirstekla-expo.ru

Место проведения: Россия, Москва,
Центральный выставочный комплекс
«Экспоцентр»

Организатор: ЭКСПОЦЕНТР
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА

12+

Участниками выставки «Строительство. Благоустройство. Интерьер'2014» станут более **200 компаний**, посетителями – более **6 000 человек** из разных регионов России.

Основные тематические разделы выставки:

- Архитектура и строительство. Строительные и отделочные материалы.
- Жилищно-коммунальное хозяйство. Благоустройство. Рекламные технологии для благоустройства города.
- Индивидуальное жилищное строительство. Малоэтажное домостроение. Каркасно-панельное домостроение. Деревянное домостроение.
- Лесопереработка. Деревообработка. Спецоборудование.
- Энергоэффективность и энергосбережение. Альтернативные и возобновляемые источники энергии.
- Транспорт. Дорожное хозяйство. Спецтехника.
- Услуги.

По вопросам участия обращаться:
тел.: +7 3852 65-88-44
e-mail: altfair@altfair.ru

www.stroyka.altfair.ru

14–16 мая | г. Барнаул

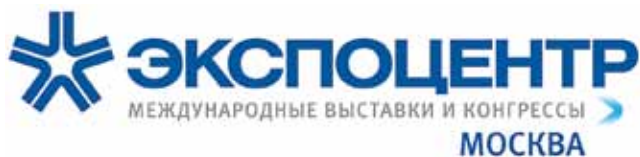
Дворец зрелищ и спорта
(пр-т Социалистический, 93)

XIX Специализированная выставка

Строительство Благоустройство Интерьер'2014

Организаторы выставки:

- ЗАО «Алтайская ярмарка»
- ООО «Современные выставочные технологии»



Юбилейный год 55-летия Экспоцентра открыла встреча с представителями центральных и отраслевых СМИ.

На ней присутствовали генеральный директор ЗАО «Экспоцентр» Сергей Беднов, советник Президента ТПП РФ Владимир Губернаторов, директор Департамента выставочной, ярмарочной и конгрессной деятельности ТПП РФ Игорь Коротин, Исполнительный директор Российского союза выставок и ярмарок Людмила Смородова, генеральный директор компании «Мессе Франкфурт Рус» Ойген Аллес, генеральный директор «Мессе Дюссельдорф Москва» Томас Штенцель и другие.

В своем выступлении **Сергей Беднов** представил статистические и финансовые показатели деятельности Экспоцентра в 2013 г. Проведено 95 выставок (из них – 31 собственная и 64 гостевых) и более 800 конгрессных мероприятий. В них приняли участие 32400 компаний со всего мира и из всех регионов России. Посетителями выставочно-конгрессных мероприятий стали 1,8 млн человек, среди которых более 90% – специалисты.

В честь 55-летия своей деятельности Экспоцентр запускает юбилейный сайт, посвященный этому торжественному событию, работает над памятной книгой-альбомом, снимает фильм. Однако юбилей – это не только праздничные мероприятия. Это прежде всего повод посмотреть на свою работу через призму десятилетий, чтобы точнее планировать будущее. Экспоцентр и впредь планирует внедрять новые технологии, организовать новые отраслевые промышленные выставочные смотры. Прежде всего смотры, которые нацелены на развитие приоритетных направлений российской экономики, реализацию национальных проектов, федеральных целевых программ в промышленности и социальной сфере.

Выставочная деятельность играет важную роль в развитии ключевых отраслей современного производства, в скорейшем внедрении инноваций и распространении передовых технологий и опыта. Ежегодно в России проводится более 1700 выставок (общей площадью около 2 млн м²) с участием 140 тыс. российских и 20 тыс. зарубежных экспонентов. На российском рынке выставочно-конгрессных услуг действует более 270 операторов.

Как отметил **Владимир Губернаторов**, советник Президента ТПП РФ: «Среди выставочных компаний Экспоцентр является несомненным лидером. На его долю, если взять экспозиционную площадь



нетто, приходится свыше 30% всех выставок в нашей стране. Около четверти всех зарубежных экспонентов в России – это участники смотров Экспоцентра. Около трети всех посетителей российских выставок – посетители ЦВК на Красной Пресне. И вполне закономерно, что в конце прошлого года Экспоцентр был признан лучшей российской выставочной компанией и награжден национальной премией в области бизнеса «Компания года-2013» в номинации «Выставочная деятельность».

Игорь Коротин, директор Департамента выставочной, ярмарочной и конгрессной деятельности ТПП РФ, назвал Экспоцентр «флагманом экспобизнеса», потому что он идет вперед в совершенствовании технологии выставочного дела и щедро делится своими наработками с выставочным сообществом, особенно региональным.

Ойген Аллес, генеральный директор компании «Мессе Франкфурт Рус», подчеркнул, что Экспоцентр уже 12 лет является стратегическим партнером компании «Мессе Франкфурт Рус» в России. Он отметил крайнюю актуальность и пользу нового проекта «Экспоцентр – за выставки без контрафакта», направленного на противодействие демонстрации на выставках контрафактной продукции и незаконному копированию экспонируемых новых разработок.

Томас Штенцель, генеральный директор «Мессе Дюссельдорф Москва», которая в сентябре 2013 г. отметила 50-летие работы в России, сказал: «Все эти годы мы работаем вместе с Экспоцентром и наблюдаем, как модернизируется и совершенствуется эта выставочная площадка, становясь по настоящему комфортным местом для экспонентов и посетителей. Мы и в дальнейшем собираемся проводить и развивать наши специализированные выставки в Центральном выставочном комплексе «Экспоцентр».

«Для нас Экспоцентр – это лидер отечественной выставочной индустрии, – отметила **Людмила Смородова**, исполнительный директор Российского союза выставок и ярмарок, – это школа внедрения передового опыта и идей. Это образец профессионального мастерства». Она рассказала об активном участии Экспоцентра в продвижении таких прогрессивных начинаний, как выставочный аудит и выставочный рейтинг. Эти два инструмента выставочного маркетинга позволяют сделать выставочную деятельность прозрачной, дают возможность экспонентам и посетителям выбирать выставку по объективным показателям, а следовательно, повышать эффективность своего участия и финансовый результат.

По материалам пресс-службы ЗАО «Экспоцентр»

Мы благодарны нашему постоянному партнеру ЦВК «Экспоцентр» за плодотворное сотрудничество и желаем дальнейшего процветания.



Реклама



АНКЕРНЫЕ
СИСТЕМЫ

Винтовые анкера АТЛАНТ



(495) 226-18-37
(342) 219-61-56

info@anker-system.ru
www.anker-system.ru

Реклама



ИНЖ
ПРОЕКТ
СТРОЙ

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

- УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ
- ОГРАЖДЕНИЕ КОТЛОВАНОВ
- ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ
- ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ЗАВЕСЫ
- УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

(499) 951-03-21
www.jet-grouting.ru

УДК 624.131

С.Г. БОГОВ, инженер

ООО «ИСП Георекострукция» (190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 4., оф. 414)

Адаптация струйной технологии для целей освоения подземного пространства в исторической части Санкт-Петербурга в условиях слабых грунтов

Приведены данные по адаптации струйной технологии в Санкт-Петербурге. Для решения геотехнических задач по освоению подземного пространства в сложных геологических и гидрогеологических условиях строительства необходимы натурные исследования, выполненные непосредственно на участке строительства, результаты которых приводятся для площадки в центральной части Петербурга. Для успешного и оптимального выбора параметров струйной цементации в слабых глинистых грунтах необходимо учитывать большое число параметров, рассмотренных в статье.

Ключевые слова: струйная технология, закрепление слабых пылеватых водонасыщенных грунтов, противофильтрационная завеса, нижнее распорное крепление ограждения котлована.

S.G. BOGOV, engineer,
JSC "ISP Georekonstruktion" (4 Izmaylovsky Ave. office 414, 190005 Saint-Petersburg, Russian Federation)

Adaptation of jetting technology for development of underground space in the historical part of Saint-Petersburg under conditions of weak soils

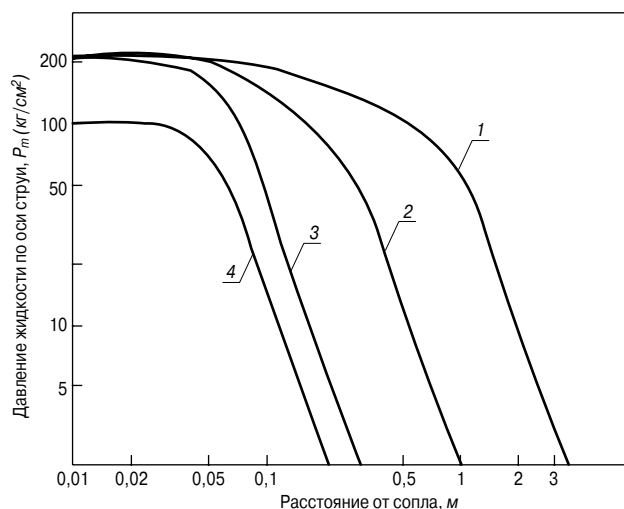
Data on the adaptation of the jetting technology in Saint-Petersburg are presented. To solve the geotechnical problems connected with the development of underground space under complex geological and hydro-geological conditions of construction, the field investigation conducted directly on the construction site, results of which are given for the site in the central part of Saint-Petersburg, are necessary. For successful and optimal choice of parameters of cement jet grouting in weak clay soils it is necessary to take into account a large number of parameters considered in the articles.

Keywords: jetting grouting, consolidation of weak floury water-saturated soils, anti-filtration curtain, lower spacer propping of excavation shoring.

При строительстве зданий в условиях существующей застройки дополнительная осадка $S_{ад}$ регламентируется требованиями нормативных документов СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01–83*» и региональными нормами – ТСН 50-302–2004 «Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге». Величина этой осадки не должна превышать предельных величин. Рассчитать технологическую осадку сложно, но имея опыт, набор геотехнических решений, проводя геодезические наблюдения, можно оказывать влияние на развитие ситуации на объекте, не допуская превышений предельных значений.

Сложные инженерно-геологические условия Санкт-Петербурга и высокий уровень подземных вод, при котором естественный водоупор находится на значительных глубинах, делают устройство котлованов крайне дорогостоящими; выполнение водопонижения может негативно влиять на сохраняемые здания. С целью создания искусственного водоупора в последние годы успешно применяется технология струйной цементации грунтов jet grouting. Эта технология позволяет создать надежный слой закрепленного грунта с заглублением в него сравнительно короткого шпунтового ограждения. Комплексное использование струйной технологии позволяет исключить развитие сверхнормативных деформаций стен примыкающих зданий путем ограничения перемещений ограждения котлованов ниже дна котлована и усиления грунтов в основаниях фундаментов зданий [1].

Струйная технология закрепления грунтов – это процесс одновременного размыва и перемешивания исходных грунтов площадки цементными растворами. Закрепление



- 1 – струя воды в воздухе ($P_m=200$ кг/см²)
- 2 – струя воды с воздушной струей в водной среде ($P_m=200$ кг/см²)
- 3 – струя воды в водной среде ($P_m=200$ кг/см²)
- 4 – струя воды в водной среде ($P_m=100$ кг/см²)

Рис. 1. График снижения осевого давления струи в водной и воздушной средах (Yahiro T., Yoshida H. Induction grouting method utilizing high speed water jet /Proceedings of the 8th international conference on soil mechanics and foundation engineering, M.: 1973, p. 402–404)

Таблица 1

Адаптация и апробация струйной технологии в условиях слабых водонасыщенных грунтов

Задачи при реконструкции зданий	Задачи при реконструкции глубоких инженерных сетей	Задачи при новом строительстве (котлованы), усиление соседних зданий
Усиление существующих фундаментов при надстройке, углублении и устройстве подвалов	Закрепление слабого (фильтрующего) слоя грунта, ПФЗ горизонтальная в основании траншеи с «коротким» шпунтом	Закрепление слабого (фильтрующего) слоя грунта, ПФЗ горизонтальная (нижнее распорное крепление) в основании котлована с «коротким» шпунтом и/или вертикальная завеса
Апробация и адаптация струйной технологии в грунтовых условиях площадок		
Опытные работы, разработка и доработка отечественного оборудования, исследование свойств закрепляющих цементных растворов, цементогрунта. Работы с использованием импортного специализированного оборудования. Накопление банка архивных данных		
Водонасыщенные песчаные (пылеватые)		Слабые глинистые и пылевато-глинистые, водонасыщенные
Конструкции, создаваемые в грунте		
Сваи с полностью размытой боковой поверхностью, сваи с отдельными уширениями ствола по высоте	Цементогрунтовые наклонные и вертикальные отдельные столбы	Вертикальные секущиеся цементогрунтовые элементы (плоские и цилиндрические)
Элементы контроля качества		
Кавернометрия, вскрытие и визуальный осмотр и прямые измерения, отбор образцов размывающего раствора, изливов, кернов из конструкции, испытание статической вдавливающей нагрузкой свай и столбов		
<i>Отдельные контрольные параметры</i>	<i>Однокомпонентная технология</i>	<i>Двухкомпонентная технология</i>
Давление раствора, МПа	10	20–35
Расход раствора, л/с	140	120
Диаметр столба, м	0,6–0,8	
Время набора прочности, сут.	Песчаные грунты – 30	
Прочность, МПа	Глинистые грунты 45–100	
Модуль деформации, МПа	12–18	
Возможные деформации	2000 и более	
Требования для минимизации технологической осадки $S_{ад}$	Подъемы, осадки, просадки из-за подмыва	
	Геодезический мониторинг, геотехническое сопровождение, соблюдение технологического регламента ведения работ (обеспечение излива из затрубного пространства, выдержка времени между соседними скважинами и между изготовлением и вскрытием котлована / нагружением основания), опытные работы	

струей – это «скрытый» процесс, при котором необходимо одновременное решение целого комплекса задач:

- из области строительных материалов (влияние свойств исходных грунтов на прочность и деформативность цементогрунта, время набора прочности и др.);
- гидравлики размыва (рис. 1, 2) пород и транспортирования частиц грунта на поверхность;
- инженерной геологии и бурения (гранулометрический состав, содержание глинистых частиц, органики и др.); механики грунтов; оснований и фундаментов.

При этом необходимо оценивать и следующие обстоятельства:

- возможность закрепления данного слоя грунта и получения нового материала с необходимыми проектными свойствами;
- изменение прочностных свойств цементогрунта по глубине при слоистости напластований;
- риски подъема грунта из-за гидроразрывов, просадки фундаментов из-за подмыва и перегрузки оснований.

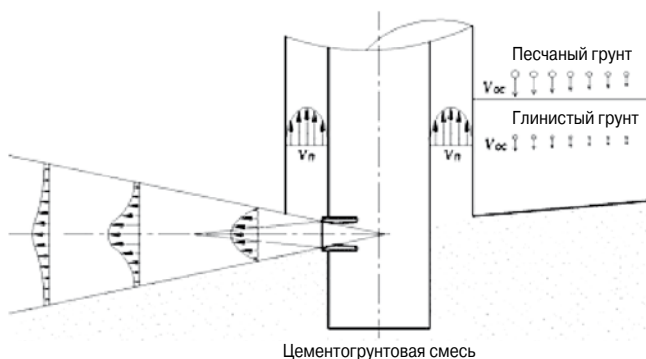


Рис. 2. Схема для учета гидравлики бурения, размыва грунтов и транспортирования на поверхность

Очевидно, что диаметр зоны закрепления зависит от давления и затухания струи в среде, а также от расхода жидкости и если скорость восходящего потока смеси в затрубном пространстве будет ниже скорости осаждения частиц некоего размера D , то при этом весь объем частиц грунта большего диаметра останется в теле цементогрунта в качестве инертного заполнителя. При размыве грунтов цементными растворами необходимо учитывать их неньютоновское поведение.

В том случае, если при размыве плотность изливающегося раствора близка к плотности исходного цементного раствора, в скважине можно ожидать явления клакажа, роста давления на стенке скважины и гидроразрыва пласта, а проведение закрепления заданного массива может и не состояться.

Необходимо учитывать кинетику набора прочности цементогрунтовым материалом в присутствии большого количества глинистых частиц и большого значения в формируемом композитном материале водотвердого отношения.

Устройство нижней распорки ограждения котлована. Техническое решение по созданию искусственного слоя грунта и короткого шпунта в качестве шпунтового ограждения и адаптация струйной технологии проводились в 2013 г. на объекте, расположенном в центральной исторической селитебной части Санкт-Петербурга.

На участке строительства производится реконструкция здания под многоквартирный дом с подземным трехуровневым гаражом. Работы включают в себя закрепление грунтового массива на глубинах от 11 до 9 м между наружным и внутренними контурами короткого шпунтового ограждения котлована. С целью создания нижней распорки шпунта и противодиффузионной завесы (ПФЗ) было выполнено закрепление слабых пылевато-глинистых текучих грунтов (ИГЭ 4, ИГЭ 5). Закрепление двухметрового массива грунта создается из вертикальных цементогрунтовых столбов $\varnothing 1,2$ м по двухкомпонентной технологии. Создан

Физико-механические характеристики грунтов

Таблица 2

Стратиграфический индекс	ИГЭ	Номенклатура грунта	Природная влажность, W_6	Показатель текучести, I_L	Коэффициент пористости, e	Плотность, ρ , г/см ³	Угол внутреннего трения, φ	Удельное сцепление, c , МПа	Модуль общей деформации, E , МПа
tg_{IV}	1	Насыпной грунт	Расчетное сопротивление $R_0 = 0,1$ МПа						
m_{IV}	2	Пески пылеватые, с примесью растительного детрита, насыщенные водой, средней плотности	0,3	–	0,79	1,92	25	0,001	10
	3	Супеси пылеватые с примесью органических веществ, прослои слабозаторфованные, пластичные	0,57	0,68	1,4535	1,67	19	0,011	4,5
	4	Супеси пылеватые, с прослоями песка, текучие	0,28	1,5	0,757	1,96	21	0,009	6,5
Ig_{III}^b	5	Суглинки тяжелые пылеватые, ленточные с прослоями песка, текучие	0,39	1,31	1,096	1,84	12	0,02	5,5
g_{III}^z	6	Пески средней крупности, насыщенные водой, средней плотности	–	–	0,65	2,01	35	0,001	30
	7	Супеси пылеватые, с гравием, галькой, линзами песка, пластичные	0,15	0,8	0,414	2,19	24	0,017	7
	8	Суглинки легкие пылеватые с гравием и галькой, тугопластичные	0,19	0,33	0,543	2,1	23	0,026	14
	9	Суглинки легкие пылеватые с гравием и галькой и валунами, полутвердые	0,18	0,11	0,511	2,12	25	0,04	21
Ig_{II}^{ms}	10	Суглинки легкие пылеватые, слоистые, текучепластичные	0,31	1	0,838	1,93	20	0,019	10
g_{II}^{ms}	11	Суглинки легкие пылеватые, с гравием, галькой, полутвердые	0,18	0	0,516	2,11	26	0,031	23,5

ный искусственный материал jet grouting в возрасте 45 сут должен обладать следующими характеристиками: модуль деформации закрепленного сплошного массива грунта не менее 1000 МПа; прочность на одноосное сжатие не менее 45 МПа. После погружения шпунта работы по устройству нижнего распорного крепления шпунта в грунте начались с устройства опытной площадки. По результатам опытных работ по закреплению через 45 сут достигнуты следующие результаты: плотность материала 1680 кг/м³; среднее значение призмной прочности превышало 10 МПа, а средний модуль деформации составлял порядка 1000 МПа.

Откопка грунта в котловане началась только после получения результатов испытаний образцов закрепленного грунта через 45 дней после закрепления грунтового массива.

Инженерно-геологические условия площадки. В геоморфологическом отношении рассматриваемый участок расположен в пределах Приневской низины с абсолютными отметками 3,65–4,33 м. В геологическом отношении площадка представлена послеледниковыми (озерно-морскими), озерно-ледниковыми и ледниковыми отложениями четвертичного стратиграфического комплекса, залегающими на коренных верхнекотлинских глинах венда, и перекрытых с поверхности слоем насыпных грунтов мощностью до 8 м. Техногенные отложения tg_{IV} представлены в основном песками мелкими серо-коричневого и черного цветов и супесями гумусированными, перелопаченными со строительным мусором. Ниже залегают послеледниковые (озерно-морские отложения

m_{IV}), их мощность на площадке может составлять 8,7 м. Озерно-морские грунты представлены песками пылеватыми, насыщенными водой средней плотности, супесями пылеватыми с примесью органических веществ, прослоями слабозаторфованными и супесями пылеватыми текучими до 10,8 м. Озерно-ледниковые отложения Ig_{III}^b представлены суглинками тяжелыми пылеватыми, ленточными, серовато-коричневыми, текучими. Спорадически в лужских моренных супесях встречены пески средней крупности с гравием, галькой и валунами, содержащие напорную воду. В разрезе моренной толщи доминируют суглинки пылева-

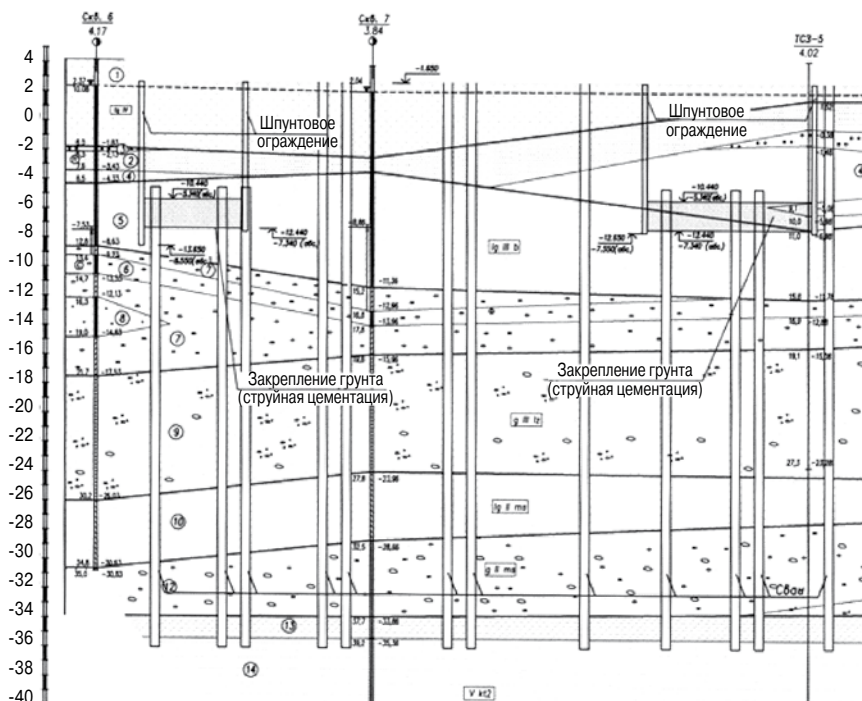


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез с элементами фундаментов нового здания

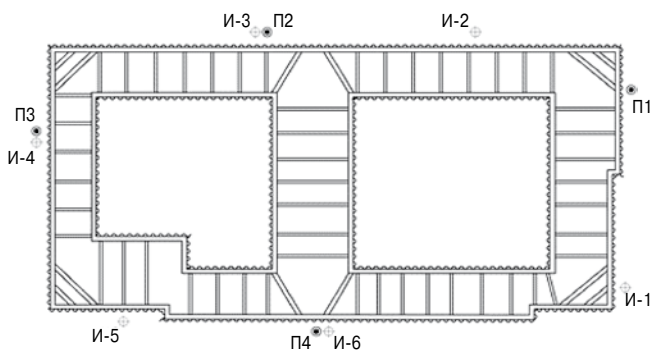


Рис. 4. План котлована и инклинометрических скважин

тые, серые полутвердые. Кровля слоя отмечена на глубинах 15,2–23,3 м, что соответствует абсолютным отметкам минус 11,55–19,55 м. В среднем мощность слоя составляет 8 м. К подошве ледниковых отложений приурочена кровля озерно-ледниковых отложений московского горизонта Ig_{II}^{ms} , представленных суглинками легкими пылеватыми, слоистыми,

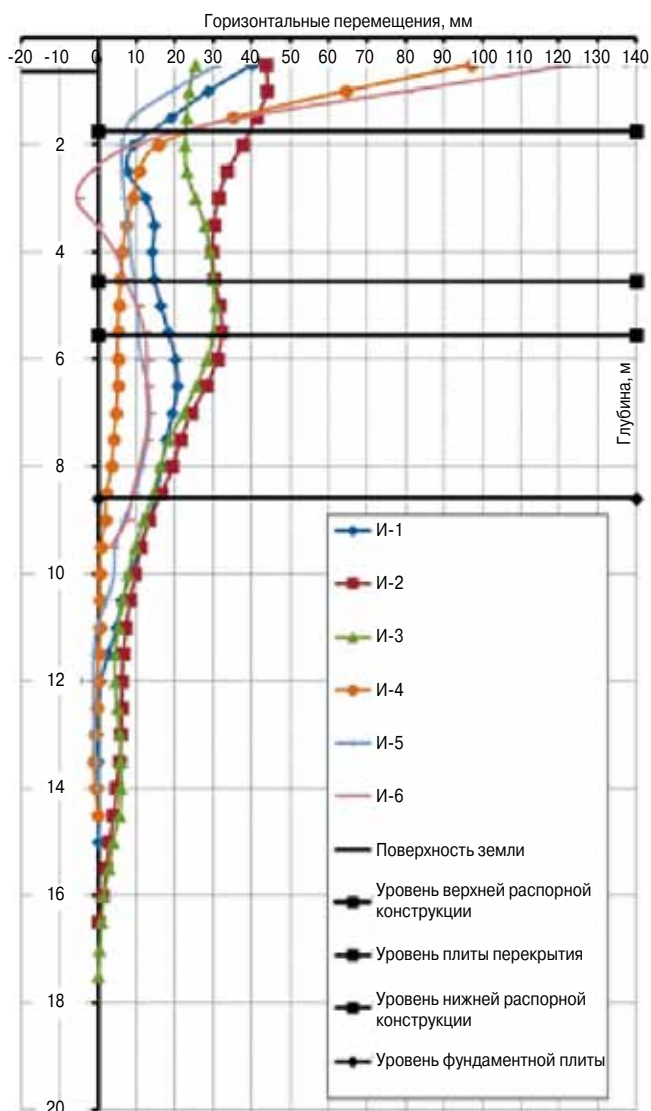


Рис. 5. Горизонтальные перемещения массива грунта в котлован по инклинометрам

серовато-голубыми, текучепластичными. Распространены озерно-ледниковые отложения до глубины 27,8–34,8 м, на абсолютных отметках минус 23,98 – минус 30,63 м. Уровень грунтовых вод отмечен на глубине 1,6–2,5 м, что соответствует абсолютным отметкам 1,45–2,37 м БСВ.

В процессе ведения работ нулевого цикла параллельно с закреплением грунтов на площадке выполнялись буронабивные сваи. Сваи изготавливались под защитой обсадных труб. Устройство свай рядом с жилым дореволюционным зданием, примыкающим к строительной площадке, вызвало рост осадок фундаментов. Данное существующее шестиэтажное кирпичное здание с подвалом и чердаком выполнено по стеновой конструктивной схеме с продольными и поперечными несущими стенами и относится ко 2-й категории по техническому состоянию конструкций. Фундаменты здания ленточные бутовые, глубина заложения порядка 3 м от уровня дневной поверхности, ширина подошвы 1–1,26 м. Грунтами основания являлись пески пылеватые средней плотности по результатам зондирования.

Устройство каждой сваи нового здания в пределах 25–30 м от сохраняемого здания вызвало прирост осадки фундаментов. Суммарные осадки стен зданий приближались к нормируемым значениям еще до вскрытия котлована. Данные обстоятельства привели к необходимости разработки компенсационных мероприятий для снижения негативного воздействия от устройства свай. При устройстве элементов ПФЗ со стороны короткого шпунта у фундаментов данного здания отмечались подъемы геодезических марок. Были разработаны и реализованы меры, включающие закрепление слабых грунтов в основании фундаментов здания. До устройства буронабивных свай производилось закрепление слабых тиксотропных грунтов по оси будущих свай для минимизации негативных последствий от перебора грунта из обсадной трубы при бурении скважины. Таким образом, фундаменты соседнего здания были приподняты минимум на 20 мм.

Для надежного определения прочности и модуля деформации создаваемого цементогрунта крайне важным является способ отбора кернов из готового массива. Отбор керна из закрепленного цементогрунта и выбуривание керна из бетона или грунта существенно отличаются. При вскрытии котлована отмечалось, что температура разрабатываемого грунта при температуре окружающего воздуха +1°C местами составляла свыше +18°C. Проведенные измерения влажности и показателя текучести глинистых грунтов показали их значительное снижение. Это снижение не было равномерным и изменялось в различных образцах. Известно, что при температуре окружающей среды, близкой к 0°C, а в грунтах она составляет порядка 5°C, процесс гидратации и схватывания цемента замедляется в 10 раз и может продлиться свыше 20 ч с момента смешивания. Следующий процесс, наступающий после схватывания цемента, – это процесс твердения, который при наличии большого количества глинистых частиц в цементогрунтовой материале отличен от бетонов и развивается длительное время.

Показателем качества выполненных работ по струйной технологии является отсутствие деформаций массива грунта в зоне, созданной ниже дна котлована распорки, – ПФЗ. По результатам инклинометрических измерений при вскрытии котлована очевидно, что перемещения шпунта в зоне слоя закрепления грунтов по технологии jet grouting не происходили (рис. 5). Для исключения нарушения сплошности закрепленного массива при разработке грунта в котловане

отметка верха закрепляемого массива должна быть ниже отметки вскрытия дна котлована минимум на диаметр создаваемой цементогрунтовой распорки.

Заключение

1. Технология струйного закрепления позволяет производить надежное усиление фундаментов и грунтов оснований зданий в сложных геологических и стесненных условиях городских строительных площадок.
2. Проведенная адаптация технологии к грунтовым условиям Санкт-Петербурга позволяет рекомендовать ее и для реализации вскрытия глубоких котлованов (траншей), в том числе вблизи зданий в условиях водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов, применяя короткий шпунт. Использование струйной технологии закрепления слабых грунтов позволяет минимизировать технологические осадки путем создания надежного закрепления грунтов.

Список литературы

1. Богов С.Г., Зуев С.С. Опыт применения струйной технологии для закрепления слабых грунтов при реконструкции здания по ул. Почтамтская в Санкт-Петербурге // *Актуальные вопросы геотехники при решении сложных задач нового строительства и реконструкции: Сб. трудов научно-технической конференции.* СПб.: СПбГАСУ, 2010. С. 80–86.
2. Богов С.Г. Применение цементных растворов для струйной технологии закрепления грунтов с учетом их реологических свойств // *Гидротехника.* 2013. № 4. С. 84–86.

3. Важными вопросами для определения начала вскрытия котлованов является время набора прочности закрепленного грунта и методика отбора образцов, их размера, а также условий хранения. Использование специальных химических добавок и получение достоверных данных о наборе прочности и деформационных свойствах цементогрунта позволяют принимать решения, исключая риски развития сверхнормативных деформаций соседних зданий и коммуникаций.
4. Комплекс мер, включающий геотехнический мониторинг и сопровождение, положительный опыт применения технологии на объектах-аналогах, соблюдение технологических регламентов позволяют определить бездефектное начало вскрытия котлованов и позволяет принимать решения, минимизирующие риски развития сверхнормативных деформаций зданий и коммуникаций.

References

1. Bogov S.G., Zuyev S. S. Experience of application of jet technology for fixing of weak soil at building reconstruction on Pochtamtskaya St. in St. Petersburg. *Aktual'nye voprosy geotekhniki pri reshenii slozhnykh zadach novogo stroitel'stva i rekonstruktsii: sb. trudov nauchno-tekhnicheskoi konferentsii [Topical issues of geotechnics at the solution of complex challenges of new construction and reconstruction: collection of works of scientific and technical conference]* St. Petersburg, 2010, pp. 80–86 (In Russian).
2. Bogov S.G. Use of cement mortars for jet technology of fixing of soil taking into account their rheological properties. // *Hydraulic engineering.* 2013. No. 4, pp. 84–86 (In Russian).

III Всероссийская (международная) конференция по бетону и железобетону

Московская международная строительная выставка **MOSCONCRETE 2014**

12-16 мая 2014 года Здание Президиума РАН

Программа конференции включает:

- пленарные заседания
- работу 24 секций
- 8 семинаров

Отличная платформа для налаживания контактов заказчиков, производителей и потребителей строительных работ и технологий

WWW.CONCRETE2014.MGSU.RU E-mail: concrete2014@onlinereg.ru Тел./Факс: +7(495)726-5135

Организаторы

РОССИЙСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ

При поддержке



УДК 624

И.Я. ХАРЧЕНКО¹, д-р техн. наук;
О.В. БОГОМОЛОВА², канд. техн. наук

¹ Научно-инженерный центр по освоению подземного пространства
(НИЦ ОПП) ОАО «МОСИНЖПРОЕКТ» (101990, Москва, Сверчков пер., 4/1)

² ООО «НПО Космос» (105118, Москва, ш. Энтузиастов, 38)

Строительно-технологические особенности применения струйной цементации грунтов при устройстве противofильтрационных завес

Обобщен и проанализирован опыт практического применения различных методов струйной цементации грунта при устройстве противofильтрационных завес. Установлено, что для гарантированного обеспечения их сплошности проектный диаметр грунтоцементного массива необходимо назначать с учетом глубины и возможного отклонения оси скважины по глубине бурения. Кроме того, необходимо обеспечивать строгий контроль на всех технологических переделах.

Ключевые слова: струйная цементация грунта, грунтоцементная свая, манжетная технология, комбинированная цементация.

I.Ya. HARCHENKO¹, Doctor of Technical Sciences, O.V. BOGOMOLOVA², Candidate of Technical Sciences

¹ Scientific and engineering center for development of underground space (NITS OPP),

OAO "MOSINZHPROEKT" (4/1 Sverchkov lane, 101990 Moscow, Russian Federation)

² JSC "NPO Kosmos" (38 Entuziastov Hwy, 105118 Moscow, Russian Federation)

Building and technological features of the use of cement grout jetting of soils at arrangement of anti-filtering curtains

An experience in the practical application of various methods of cement grout jetting of soils, when arranging the anti-filtering curtains, is generalized and analyzed. It is established that for guaranteed ensuring their continuity, the designed diameter of soil-cement massif should be established with due regard for the depth and a possible borehole deviation along the drilling depth. In addition it is necessary to ensure the strict control at all technological conversions.

Keywords: cement grout jetting of soil, earth-cement pile, full-hole technique, combined cementation.

Освоение подземного пространства в условиях плотной городской застройки часто связано с необходимостью устройства котлованов, дно которых расположено существенно ниже уровня грунтовых вод. При учете влияния строящихся подземных сооружений на окружающую застройку следует исходить из того, что применение каких-либо методов водопонижения в этих условиях недопустимо. Следовательно, единственным приемлемым методом защиты от грунтовых вод является устройство вертикальных и горизонтальных противofильтрационных завес (ПФЗ). Проектирование и выполнение работ по устройству ПФЗ должно исходить из условия исключения рисков водопроявления или выноса грунта как в зоне сопряжения вертикальных и горизонтальных ограждающих конструкций, так и по их площади либо задать проектом критерии сплошности, прочности и водонепроницаемости.

В настоящее время как за рубежом, так и на отечественном строительном рынке при устройстве ПФЗ достаточно широкое применение получила технология струйной цементации грунтов (СЦГ), сущность которой состоит в формировании грунтоцементного массива путем интенсивного смешивания частиц грунта и цементно-водной суспензии. Нагнетаемая через форсунку вращающегося монитора под давлением 40–60 МПа струя цементно-водной суспензии разрезает, диспергирует структуру и частично замещает грунт, образуя грунтоцементную смесь, которая после затвердевания обеспечивает формирование грунтоцементного массива (ГЦМ). В настоящее время широкое практическое применение получают различные методы струйной цементации грунтов, такие как: однокомпонентная струйная цементация (Jet-1), когда через форсунку нагнетается струя цементно-водной суспензии; двухкомпонентная цементация

Некоторые технологические параметры при различных методах струйной цементации

Таблица 1

Наименование технологического параметра	Вид струйной цементации		
	Jet-1 Водоцементная суспензия	Jet-2 Водоцементная суспензия+воздух	Jet-3 Водоцементная суспензия+вода+воздух
Давление подачи инъекционного раствора, МПа	20–60	30–50	30–70
Расход инъекционного раствора, л/мин	50–200	70–200	70–200
Скорость вращения монитора, об/мин	10–30	7–15	5–15
Скорость подъема монитора, см/мин	10–30	5–20	5–15
Расход цемента, кг/м ³ сваи	500–1000	300–900	300–900

Таблица 2

Усредненные параметры грунтоцементных массивов при струйной цементации различных грунтов

Вид грунта в соответствии с ГОСТ 25100	Jet-1		Jet-2	
	Диаметр сваи, м	Прочность при сжатии, МПа	Диаметр сваи, м	Прочность при сжатии, МПа
Глина	0,4–0,5	6–8/3–4	0,8–1	2–3/1–2
Суглинок	0,5–0,6	8–10/4–5	1–1,2	3–4/2–3
Супесь, пылеватый песок	0,6–0,7	10–12/5–6	1,2–1,6	4–5/2–4
Песок средней крупности, крупный	0,7–0,9	12–14/6–7	1,6–1,8	6–7/4–5
Песок гравелистый	0,9–1	14–18/7–10	1,8–2,2	7–8/5–6

Примечание. Перед чертой – прочность при $V/C=0,7$; после черты – прочность при $V/C=1$.

ция (Jet-2), когда через форсунки вращающегося монитора одновременно нагнетается цементно-водная суспензия и подается струя воздуха (или воды); трехкомпонентная цементация (Jet-3), когда через форсунки монитора обеспечивается одновременная подача струи цементно-водной суспензии, воздуха и воды. Каждая из вышеназванных модификаций струйной цементации имеет оптимальную область применения при решении тех или иных геотехнических задач с учетом конкретных геологических условий. На основании анализа многолетнего отечественного и зарубежного опыта практического применения в табл. 1 и 2 приведены некоторые строительно-технологические параметры струйной цементации грунтов для решения различных геотехнических задач [1, 2].

Как видно из табл. 1 и 2, в зависимости от вида закрепляемого грунта и применяемого метода струйной цементации формируемый расчетный диаметр грунтоцементной сваи (ГЦС) и прочностные характеристики закрепленного грунта могут изменяться в достаточно широком диапазоне. Такие технологические параметры, как давление, скорость вращения и подъема монитора, в значительной мере определяют диаметр и сплошность формируемого грунтоцементного элемента. При этом прочностные и деформативные характеристики, а также коэффициент фильтрации сформированного ГЦМ в определяющей мере зависят от величины V/C , активности цемента, вязкости цементно-водной суспензии, которая может регулироваться путем введения различных пластифицирующих добавок.

В настоящее время в струйной технологии для прогнозирования прочности грунтобетона предлагается использование зависимости его прочности от V/C [1] с учетом влияния влажности и пористости грунта, которая в обобщенном виде может быть представлена в виде:

$$R_w = 10^6 \cdot \left\{ \frac{2,45(1 - \Pi_{гр}) - 0,01 \frac{\Gamma \cdot W_{гр}}{g_b} - 10 \frac{\Gamma \cdot W_{гр}}{g_b} \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{g_c} \right)}{(1 - \Pi_{гр}) \left(\frac{V}{C} \right)} \right\}^2 \quad (1)$$

Для сухих грунтов при $W_{гр}=0$ формула может быть представлена в виде [1]:

$$R_c = \left(\frac{2,2 C}{\Pi_{гр} - 0,0003 C} \right)^2 \quad (2)$$

где R_w – прочность грунтобетона на влажном грунте; R_c – на сухом грунте; C – содержание цемента в грунтобетоне, $кг/м^3$; g_c, g_b – плотность зерен цемента и воды, $кг/м^3$; $\Pi_{гр}$ – пористость исходного грунта, $м^3/м^3$; $W_{гр}$ – влажность грунта, $мас. \%$.

Однако получаемая расчетным путем прочность грунтобетона, как правило, лишь в некоторой степени соответ-

ствует фактической прочности грунтобетона для несвязных грунтов и существенно отличается от фактических результатов для связных. В реальных условиях грунтовая колонка, как правило, неоднородна и обрабатываемая зона представляет собой слоистую структуру из песков, суглинков, супесей и пр. Представление любого грунта как несвязного, отличающегося только влажностью и пористостью, заполняемой водой или водоцементным раствором, не учитывает, что связный грунт может также содержать частицы грунта в виде агрегатов, где вода находится в связанном состоянии и ее нельзя рассматривать как свободную воду. Это принципиально отличает развитие процессов структурообразования, протекающих при твердении грунтоцементной смеси после струйной цементации, от классической технологии бетонов и затрудняет применение известных в технологии бетонов закономерностей с целью прогнозной оценки прочности грунтобетона. В этой связи расчетные показатели на основе свойств результатов в обязательном порядке должны подтверждаться результатами опытных полевых испытаний, что является основой для соответствующей корректировки технологического регламента. При этом расчетную величину прочности необходимо корректировать с учетом активности применяемого цемента. Это особенно актуально в связи с тем, что для цементноводных растворов с $V/C=0,8-1$ и выше характерна низкая седиментационная устойчивость. Как показывают результаты полевых испытаний, при формировании ПФЗ на основе цементноводных суспензий с V/C выше 0,8 в верхней зоне грунтоцементного массива может образовываться водный слой толщиной до 20% от проектной толщины ПФЗ, наличие которого существенно ухудшает ее противифльтрационные свойства. С целью повышения седиментационной устойчивости и улучшения реологических свойств инъекционного материала в состав цементно-водной суспензии рекомендуется вводить активированный бентонитовый порошок в количестве до 10% от массы цемента. Присутствие бентонита существенно снижает водоотделение и улучшает противифльтрационные свойства грунтобетонного массива, но одновременно с этим снижает его прочностные характеристики и существенно увеличивает время схватывания грунтоцементной смеси.

К сожалению, в связи с многофакторностью геотехнических условий и задач, в том числе и при устройстве ПФЗ различного вида, в настоящее время отсутствуют методы расчета отдельных технологических параметров и их назначение основывается на практическом опыте. В этом смысле СЦГ является технологией с определенными факторами риска, которые следует минимизировать за счет применения соответствующих технологических мероприятий, направленных на их снижение или полное устранение. Реа-

лизация этих мероприятий может быть связана с дополнительными затратами, однако их цена несоизмеримо ниже затрат по борьбе с водопроявлениями после завершения работ по устройству ПФЗ.

В этой связи следует выделить риск возможного отклонения оси скважины от вертикали в процессе бурения, поскольку современное состояние буровой и контрольно-измерительной техники не позволяет обеспечить отклонение оси скважины от вертикали менее 0,5–1,5%. Однако как показывает анализ, с учетом фактических условий бурения, квалификационного уровня исполнителей и технологического уровня бурового комплекса величина фактического отклонения вертикальной оси скважины от проектной может достигать 5% и более. Обобщение многолетнего опыта практического применения струйной цементации грунтов [3–5] позволило установить взаимосвязь между глубиной бурения и расчетным диаметром ГЦС, достижение которого обеспечивается с учетом технологически допустимого отклонения вертикальной оси скважины [3] (рис. 1). Как видно из приведенного рисунка, даже при минимально возможном отклонении оси скважины от вертикали в 1–1,5% при глубине скважины 20–25 м расчетный диаметр ГЦС, обеспечивающий необходимую сплошность массива грунта при устройстве ПФЗ, должен быть 1,5–2 м. Поэтому указание некоторых специалистов на необходимость обеспечения расчетного диаметра ГЦС до 3 м [4] с целью экономии затрат на буровые работы является технически и экономически необоснованным. С целью экономии общих приведенных затрат следует стремиться не к увеличению диаметра отдельной ГЦС, а к повышению уровня контроля на всех технологических переделах.

Одним из факторов, определяющих качество ПФЗ, является гарантированная сплошность массива. При этом если сплошность ПФЗ в вертикальной проекции обеспечивается подбором режима подъема форсунок, то сплошность массива по горизонтали зависит от схемы и шага расстановки ГЦС. При их шахматном расположении и общепринятом шаге между скважинами в ряду, принимаемом 1,7R, а также при расстоянии между смежными рядами 1,5R гарантированное наложение между соседними ГЦМ составит 100–200 мм (Рекомендации по закреплению песчаных грунтов. НИИОСП, М., 1972.). Как было отмечено выше, чем глубже бурение, тем больше составляет вероятность отклонения бурового инструмента от вертикали с увеличением глубины бурения. В соответствии с действующими нормами отклонения от вертикали не должны превышать 0,5% (СП 45.13330.2010 «Земляные сооружения, основания и фундаменты»). Таким образом, например, на глубине 30 м проектное отклонение составляет 150 мм и при одновременном отклонении двух соседних скважин суммарное отклонение составит 300 мм. Так как 300 мм > 200 мм, получаем гарантированное отсутствие сплошности ПФЗ. На основании обобщения и анализа фактического материала по контролю за отклонениями бурового инструмента в реальных условиях производства работ установлено, что при отклонении до 1,1% на глубине 30 м оно составит 330 мм, или 660 мм при одновременном отклонении двух соседних скважин (рис. 2). Таким образом, для гарантированного обеспечения сплошности ПФЗ в проекте необходимо предусматривать наложение между соседними ГЦМ 700 мм. Это технически сложно реализо-

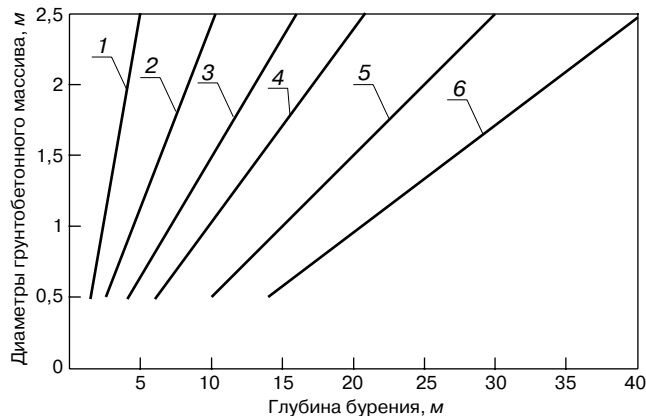


Рис. 1. Взаимозависимость между глубиной бурения и расчетным диаметром грунтобетонного массива с учетом допустимого технологического отклонения вертикальной оси скважины [3]: 1 – 3%; 2 – 2,5%; 3 – 2%; 4 – 1,5%; 5 – 1%; 6 – 0,5%

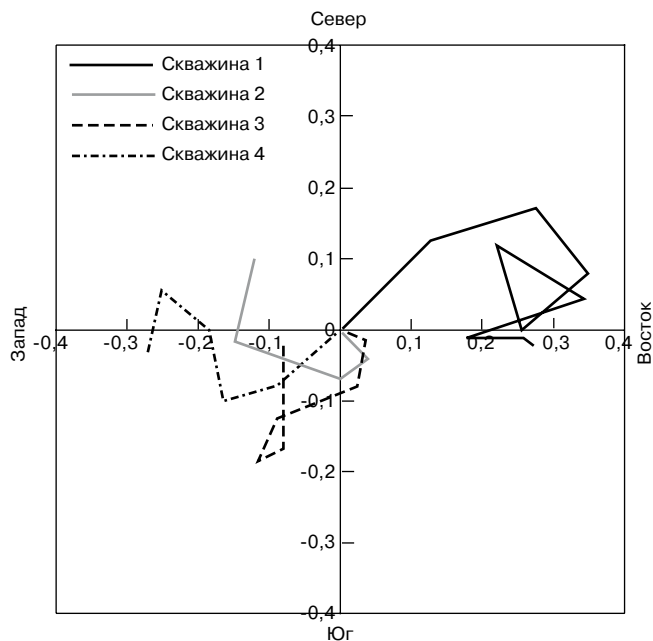


Рис. 2. Примеры отклонений от вертикали скважин при устройстве вертикальных ГЦС глубиной до 27 м в натуральных условиях

вать при технологии Jet-1 (расчетный диаметр 800 мм), и ведет к удорожанию работ при технологии Jet-2 (расчетный диаметр 1500 мм). Таким образом, при проектировании вертикальных ПФЗ необходимо предусматривать не менее двух рядов ГЦМ, а при использовании горизонтальных ПФЗ следует назначать рабочую толщину ПФЗ не менее 2–4 м, что обеспечит гарантированное соединение по вертикали между соседними ГЦС.

Исходя из анализа отечественного и зарубежного опыта с достаточной достоверностью можно прогнозировать формирование ГЦС диаметром до 0,7 м при однокомпонентной и до 1,6–1,8 м при двухкомпонентной цементации. Увеличение диаметра колонн сверх этих величин связано с высоким уровнем риска недостижения проектных геометрических и физико-механических параметров грунтобетонного массива. При устройстве ПФЗ расстояние между осями соседних свай устанавливается исходя из проектного диаметра. При этом с увеличением глубины бурения скважин пропорционально необходимо увели-

чивать расчетный диаметр формируемого грунтобетонного массива.

С целью повышения водонепроницаемости и прочности грунтоцементного массива при устройстве ПФЗ в особо сложных инженерно-геологических условиях специалистами Научно-исследовательского и проектного института транспортных сооружений (НИИПи ТС) в составе ОАО «Мосинжпроект» совместно с ООО «ГорГеоСтрой» разработан и освоен метод комбинированной цементации грунтов, основанный на совмещении технологии двухкомпонентной струйной цементации (Jet-2) и пропиточной технологии цементации грунтов, получившей название Super Jet. Это позволяет совместить высокую интенсивность производства работ, являющуюся существенным преимуществом двухкомпонентной струйной цементации, с необходимостью придать закрепляемому массиву повышенную прочность и непроницаемость, которая гарантированно достигается применением пропиточной технологии цементационного закрепления грунта.

Комбинирование технологий происходит в следующей последовательности:

- двухкомпонентная струйная цементация массива грунта по технологии Jet-2;
- погружение в скважину, через которую производилось формирование грунтоцементного массива, манжетной трубы (из труб ПВХ диаметром 50 мм) с шагом разжимных манжет 330 мм (3 горизонта на 1 м высоты колонны). Погружение манжетной трубы на проектную глубину производится вручную в интервале 30–90 мин после окончания формирования сваи;
- выстойка грунтоцементного массива до завершения процесса формирования структурной прочности в период до 48 ч после окончания формирования сваи;
- пропиточная инъекция грунтоцементного массива по горизонтам манжетной трубы снизу вверх (с использованием двустороннего шлангового обтюлятора) суспензией тонкодисперсного вяжущего, например Mikrodur R-X с водовязущим отношением В/В=3–4 в зависимости от требуемой прочности. Объем инъекции на 1 м³ грунтоцементного массива рассчитывается из объема его порового пространства и составляет, как правило, от 250 до 300 л. Режим пропитки регламентируется одновременно по двум параметрам: интенсивность нагнетания и давление нагнетания.

Развитие процесса пропитки капиллярно-пористой структуры грунтоцементного массива, сформированного на первом этапе по технологии Jet-2, суспензией тонкодисперсного вяжущего, можно представить следующим образом.

После завершения процесса схватывания и формирования устойчивой капиллярно-пористой структуры грунта, сформированной по технологии Jet-2, при низком давлении (до 0,5 МПа), с низкой начальной интенсивностью (до 1 л/мин) в грунтоцементном массиве заполняется открытая капиллярно-пористая структура, а также трещины, образовавшиеся в процессе нагнетания. При этом трещинообразование всегда происходит по ослабленному сечению, т. е. по замкнутым порам, которые заполняются суспензией тонкодисперсного вяжущего. Интенсивность нагнетания суспензии следует повышать, так как развитие трещин происходит в возрастающем объеме по мере распространения суспензии от центра к периферии массива. После заполнения проектного объема массива на данном го-

ризонте нагнетание прекращается и происходит затвердевание пропиточной суспензии в порах, капиллярах и трещинах массива, обеспечивая ему прочную, плотную и практически бездефектную структуру. Результаты полевых испытаний, а также опыт практического применения при различных геотехнических условиях и проектных решениях показал, что прочность грунтоцементного массива, сформированного по данной технологии, может достигать 15–25 МПа, а при устройстве противофильтрационных завес обеспечивается их полная водонепроницаемость. Причем усиленная таким образом противофильтрационная завеса может рассматриваться в качестве распорного элемента для вертикальных ограждающих конструкций строящихся подземных сооружений, существенно снижая их влияние на окружающую застройку.

Перед началом производства работ по устройству ПФЗ необходимо установить сетку буровых скважин, которая назначается с учетом геотехнических условий и уровня технологической обеспеченности подрядной организации. При установлении схемы размещения скважин наиболее оптимальной является сетка, основа которой – равносторонний треугольник. Формирование ПФЗ возможно по двум различным схемам: устройство сплошным фронтом (технология «мокрый» по «мокрому») или устройство ГЦМ с технологическим перерывом (технология «мокрый» по «сухому»). Оптимальной с точки зрения обеспечения надежности ПФЗ, по нашему мнению, является схема с технологическими перерывами, исключая устройство ГЦМ сплошным фронтом. В противном случае наблюдается проявление грунтоцементной смеси и даже цементоводной суспензии через ствол соседних «свежих» скважин, что существенно снижает качество ГЦМ. С целью исключения сверхнормативных проявлений через соседние скважины целесообразно предусматривать пропуск 3–4 скважин вдоль оси с последующим возвратом для их устройства не ранее, чем через 24–48 ч, либо в отсутствие фронта работ предусматривать технологические перерывы. Причем для повышения надежности ПФЗ длина ГЦМ, выполняемых во вторую очередь, должна быть на 5–10% больше ранее исполненных. С целью сокращения общего срока производства работ и длительности технологических перерывов экономически эффективным является применение добавок, ускоряющих затвердевание грунтоцементной смеси. Причем некоторые из известных добавок, например такие как комплексная добавка для струйной цементации (КДСЦ), являются не только ускорителями твердения грунтоцементной смеси, но и одновременно обладают пластифицирующим эффектом, улучшая реологические свойства цементных растворов и повышая их седиментационную устойчивость.

Таким образом, минимизация строительных рисков при устройстве ПФЗ обеспечивается:

- организацией контроля на всех технологических этапах, который должен предусматривать: контроль шага скважин, вертикальности и глубины бурения и фактического диаметра грунтоцементных элементов; обеспечение предусмотренных проектом схемы и порядка устройства свай;
- контролем за соблюдением технологического регламента, предусмотренного проектом (давление нагнетания, расход материала, скорость вращения и подъема форсунки). Текущий технологический контроль должен до-

полняться исследованием свойств кернов, отобранных из тела ГЦС, а также возможным устройством опрессовочных и скважин для контроля за изменением уровня воды при осушении объема котлована.

Выводы. Для гарантированного обеспечения сплошности, прочности и водонепроницаемости ПФЗ, устраиваемой с применением методов струйной цементации грунта, расчетный диаметр грунтоцементных элементов необходимо назначать с учетом возможного отклонения ствола скважины от вертикали. При устройстве ПФЗ на глубине 15–25 м и вероятном отклонении скважины от вертикали до 1,5% расчетный диаметр грунтоцементного массива должен составлять 1,5–2 м.

Список литературы

1. Бройд И.И. *Струйная геотехнология*. М.: АСВ, 2004. 440 с.
2. Eichler K. *Spezialtiefbau*. Expert Verlag GmbH, Renningen, Deutschland, 2009. 427 S.
3. Vogt N. Beitragezum 6. Geotechnik-Tag in Munchen, Heft 39. Deutschland, Munchen, 2007. S. 125–143.
4. Малинин А.Г. Влияние режимов струйной цементации на диаметр грунтоцементных колонн // *Метро и тоннели*. 2013. № 4. С. 30.
5. Гладков И.Л., Жемчугов А.А., Малинин Д.А. Технология струйной цементации грунтов в условиях плотной городской застройки // *Жилищное строительство*. 2013. № 9. С. 6–9.

С целью повышения качества и надежности устройства ПФЗ в сложных инженерно-геологических условиях рекомендуется применять технологию комбинированной цементации, предусматривающую струйную цементацию по методу Jet-2 с последующей пропиткой капиллярно-пористой структуры сформированного грунтоцементного массива цементной суспензией на основе микроцементов по манжетной технологии.

Для снижения строительных рисков при устройстве ПФЗ необходимо обеспечивать непрерывный контроль на всех технологических переделах, от выполнения геолого-разведочных работ до проектирования и контроля за качеством закрепленного грунтоцементного массива и ПФЗ в целом.

References

1. Broyd I.I. *Struinaya geotekhnolgiya [Jet geotekhnolgiya]*. M.: ASV, 2004. 440 p. (In Russian).
2. Eichler K. *Spezialtiefbau*. Expert Verlag GmbH, Renningen. Deutschland, 2009. 427 S.
3. Vogt N. Beitragezum 6. Geotechnik-Tag in Munchen, Heft 39. Deutschland, Munchen, 2007, pp. 125–143.
4. Malinin A.G. Influence of modes of jet cementation on diameter gruntosementnykh of columns // *Mosty i tonnely*. 2013. No. 4, p. 30 (In Russian).
5. Gladkov I.L., Zhemchugov A.A., Malinin D.A. Technology of Jet Grouting of Soils under Conditions of Dense Urban Development. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2013. No. 9, pp. 6–9 (In Russian).

Р
е
к
л
а
м
а

«ГорГеоСтрой» – инновационные геотехнические технологии

ООО «ГорГеоСтрой» – современная, динамически развивающаяся, специализированная строительная, проектно-производственная организация геотехнического профиля.

ООО «Горгеострой» располагает современными технологиями для геотехнического строительства, сочетание которых позволяет гибко и эффективно решать практически любые проектные задачи:

- инъекционное закрепление грунтов с применением особо тонкодисперсного вяжущего «Микродур»;
- закрепление грунта методом струйной цементации JET-1 и JET-2;
- струйная цементация для устройства грунтоцементных массивов большого диаметра с повышенной прочностью и непроницаемостью «Super-JET»;
- устройство буровых и забивных свай с корневыми и бандажными уширениями;
- повышение несущей способности существующих свай, в том числе в мерзлотных грунтах;
- устройство ограждений котлованов в сочетании с инъекционным закреплением грунтов;
- устройство анкерных свай;
- инъекционное восстановление каменных, бетонных и железобетонных конструкций;
- формирование скальных массивов в грунте при тоннельном строительстве для проходки штолен в обводненных, подвижных грунтах;
- устройство горизонтальных и вертикальных противодиффузионных завес в сложных геологических условиях.



Одна из инъекционных насосных станций ГЦС

Тел/Факс: +7 (499) 951-41-02

E-mail: gorgeostroj@mail.ru

УДК 502.12:66.013.514

А.Н. РЕМИЗОВ¹, архитектор, О.М. ЛАДЫГИНА², магистр

¹ НП «Совет по «зеленому» строительству» (Москва, Гранатный пер., 12, оф. 28)

² Архитектурно-дизайнерская студия DeViz (Москва, ул. Садовая-Спасская, 1/2, к. 4, оф. 112)

Стимулируем «зеленое»

Рассмотрены основные нормативные документы, в которых содержатся экологические требования к объектам строительства в России. Предложен ряд мер, направленных на стимулирование «зеленого» строительства, в том числе применение систем добровольной сертификации. На конкретном примере рассмотрено применение первой российской системы добровольной сертификации устойчивого развития, которая формирует новый подход к архитектуре и градостроительству.

Ключевые слова: экоустойчивая архитектура, «зеленое» строительство, государственное стимулирование, энергоэффективность, сертификация.

A.N. REMIZOV¹, Architect, O. LADYGINA², Master

¹ Russian Sustainable Architecture and Building Council (12, office 28, Granatnyi pereulok 123001 Moscow, Russian Federation)

² Studio of Design and Architecture DeViz (1/2 b 4, office 112 Sadovaya-Spasskaya str., 107078 Moscow, Russian Federation)

Stimulating the «green» construction

In the article the basic regulations devoted to ecological requirements to construction objects in Russia are covered. Also a range of steps directed towards stimulating the “green” development is suggested, such as application of facultative certification systems. The use of the first Russian facultative certification system of sustainable development which forms a new approach to architecture and urban planning is considered on the concrete example.

Keywords: sustainable architecture, green development, state stimulation, energy efficiency, certification.

Развитие экоустойчивой архитектуры затрагивает как реальные процессы проектирования, строительства, эксплуатации, управления зданиями, поселениями и городами в соответствии с концепцией устойчивого развития, так и вопросы экономического и государственного стимулирования и регулирования.

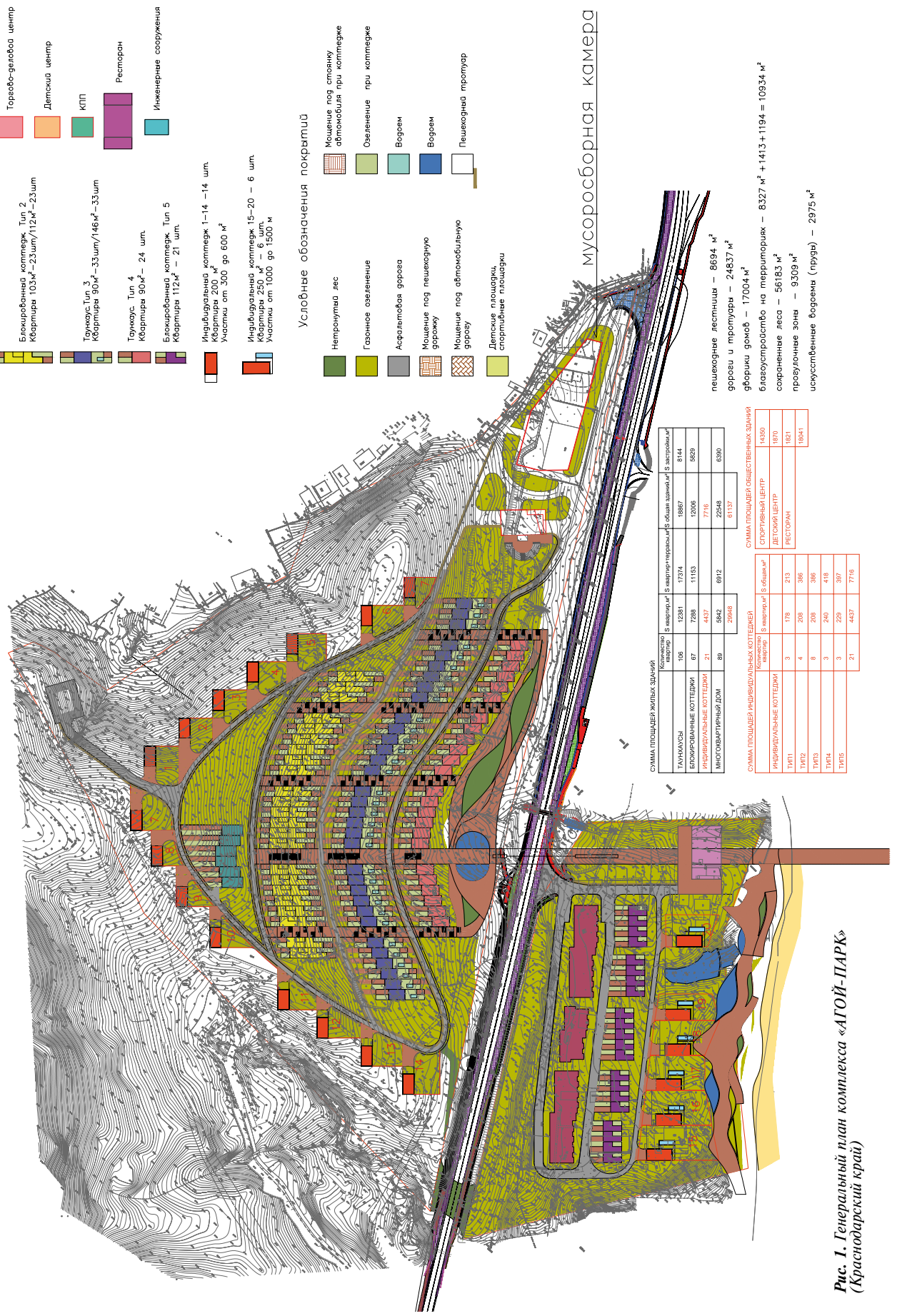
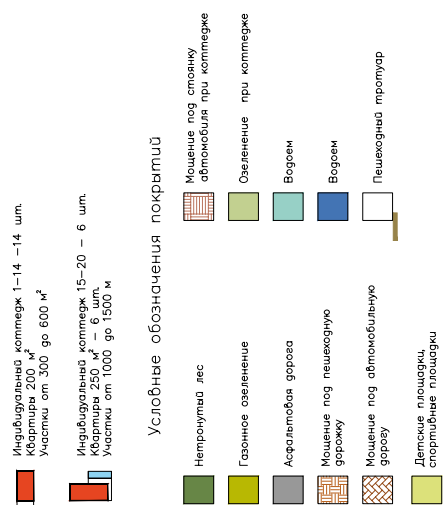
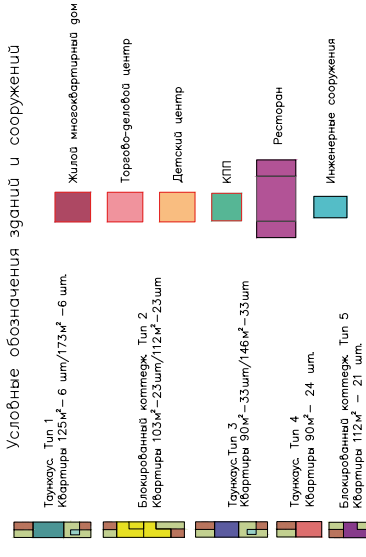
Можно выделить четыре блока нормативных документов, в которых содержатся экологические требования к объектам строительства в России: Закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»; Градостроительный кодекс РФ, принятый в 2004 г.; Закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» от 23 ноября 2009 г. и ряд подзаконных актов к нему, Закон о техническом регулировании, предусматривающий как обязательные, содержащиеся в Технических регламентах, так и добровольные требования, которым должны соответствовать строительные объекты.

Тема государственного стимулирования экоустойчивого строительства развивается с 2008 г., когда Правительством РФ был поставлен вопрос о сокращении энергопотребления на 40%. Закон об энергоэффективности содержит следующие меры стимулирования: предоставление субсидий из федерального бюджета субъектам Федерации на реализацию программ по энергоэффективности; особые условия предоставления инвестиционного налогового кредита предприятиям, осуществляющим техническое перевооружение производств или создающим объекты с высоким классом энергетической эффективности; льготу или освобождение по налогу на имущество таких объектов; специальный коэффициент к основной норме амортизации энергоэффективного и энергопроизводящего имущества.

Но экоустойчивое строительство — это в первую очередь комплексное и качественное строительство, которое создает комфортную, здоровую, безопасную и эффективную среду обитания. НП «Совет по «зеленому» строительству» (НП СПЗС) и Союз архитекторов России (САР) предлагают применять ко всем проектам, предусматривающим использование экоустойчивых стандартов, целый ряд мер стимулирования, в том числе обязательную экоустойчивую сертификацию объектов для государственных и муниципальных нужд; преференции при предоставлении земельных участков и согласовании строительства экоустойчивых зданий и поселений; введение льготного кредитования и компенсации процентов по кредитам при условии использования экоустойчивых стандартов, включение в территориальное планирование раздела об экоустойчивом развитии городов и населенных пунктов.

Первоочередными мерами, способными достаточно быстро сдвинуть с мертвой точки экоустойчивое строительство, могут стать снижение ипотеки или дотирование экоустойчивого строительства, стимулирование требований тендеров при экоустойчивом строительстве, стимулирование через тендеры продукции предприятий, которые предлагают экоустойчивую продукцию, переход от оценки квадратного метра здания к оценке жизненного цикла с учетом стоимости эксплуатации и демонтажа. Для создания действенных норм стимулирования экоустойчивого строительства необходимо привлечение всех участников рынка к дискуссии.

С целью стимулирования «зеленого» строительства НП «СПЗС» и САР создали российскую систему добровольной сертификации (СДС) — «рейтинговую систему оценки экоустойчивости среды обитания САР — СПЗС».



СУММА ПЛОЩАДИ ЖИЛЬЯ ЗДАНИЙ

Количество квартир	В кв. метр, м ²	В кв. метр, м ² (с учетом парковки)	В общей застройки, м ²	В застройке, м ²
ТАУН-ХОУСЫ	108	12381	17374	18867
БЛОКОВЫЕ КОТТЕДЖИ	67	7288	11153	12006
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ КОТТЕДЖИ	21	4437	7716	7716
МНОГОКВАРТИРНЫЙ ДОМ	88	5842	6812	22648
		28944	61137	63306

СУММА ПЛОЩАДИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Количество зданий	В кв. метр, м ²	В общей м ²
СПОРТИВНЫЙ ЦЕНТР	3	178
ДЕТСКИЙ ЦЕНТР	4	208
РЕСТОРАН	8	208
ТИП5	3	240
ТИП5	3	229
ТИП5	21	4437

СУММА ПЛОЩАДИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

СПОРТИВНЫЙ ЦЕНТР	18700
ДЕТСКИЙ ЦЕНТР	8321
РЕСТОРАН	16641

пешеходные лестницы – 8694 м²
 дорожки и протуры – 24837 м²
 дорожки тротуар – 17004 м²
 благоустройство на территориях – 8327 м² + 1413 + 1194 = 10934 м²
 сохранение леса – 56183 м²
 прозудочные зоны – 9309 м²
 искусственные водоёмы (пруда) – 2975 м²

Рис. 1. Генеральный план комплекса «АГОЙ-ПАРК» (Краснодарский край)



Рис. 2. Поселок «АГОЙ-ПАРК» удачно вписан в существующую природную среду

Система добровольной сертификации «САР – СПЗС» была зарегистрирована в августе 2013 г. в РОССТАНДАРТЕ. Ее разработка велась в течение последних двух лет. Система сертификации призвана служить формированию нового подхода в создании экоустойчивой архитектуры, а также экоустойчивых территорий. В СДС получили рейтинговые оценки не только экологичность и энергоэффективность здания, но также социальная и культурная составляющие, планировочные решения, жизненный цикл, функциональность и качество строительства. Создатели системы опирались на международную европейскую систему сертификации экоустойчивых зданий DGNB [1, 2]. Отличие экоустойчивого подхода от экологического состоит в приоритете качества проектирования и строительства, жизненного цикла, долговременности архитектуры.

СДС «САР – СПЗС» является на сегодняшний день первой в России системой сертификации устойчивого развития (в отличие от «зеленых» сертификаций), которая формирует действительно новый подход к архитектуре и градостроительству, а не служит лишь видимостью оценки по «зеленым» стандартам [3–5]. Она отличается от зарубежных аналогов тем, что опирается на российские реалии — законодательство, нормативную базу, уровень развития строительной индустрии, что делает ее работающей в нашей стране. От других российских систем она отличается тем, что ставит качество, жизненный цикл, социальные и культурные составляющие во главу угла и не ограничивается оценкой энергоэффективности и экологичности.

В настоящее время проходит сертификацию по СДС «САР – СПЗС» экологический комплекс «АГОЙ-ПАРК» в Туапсинском районе Краснодарского края. Комплекс спроектирован российскими специалистами на территории 20 га (рис. 1). В него входят жилые и административные здания, спортивные, детские и учебные сооружения. Реализация проекта станет первым примером строительства по российскому стандарту устойчивого развития.

Проект выиграл тендер, опередив конкурентов, которые предлагали традиционное решение – квадратные дворики и дома, окруженные забором, предполагавшее массивную вырубку и не соответствовавшее ни «зеленым», ни «синим» стандартам. Выигравший «синий» проект не только сохраняет 7 га леса, но при этом предполагает на 20% больше жилых и общественно-полезных площадей.

Для создания здоровой и безопасной среды решено создать поселок, ориентированный на людей, где все улицы являются променадами, запроектированы детские площадки, рекреационные зоны и т. п., что делает поселок очень комфортным для жителей. Кроме того, подобное решение

подразумевает высокий уровень безопасности: родители могут спокойно отпустить детей на прогулку, не опасаясь за их жизнь. По поселку может ездить электрокар, но поскольку все дорожки по проекту должны быть изогнутыми, его скорость не будет представлять опасность для кого бы то ни было (рис. 2). В дополнение ко всему подобный подход является максимально экологичным и для людей, и для природы, позволяя сохранить максимум биоразнообразия окружающей среды.

Изогнутые улицы повторяют рельеф окружающей среды, как и дома, спроектированные таким образом, что каждая следующая линия располагается выше предыдущей, так что из каждого дома открывается вид на море (рис. 3). Дома имеют зеленые крыши, что не только рифмуется с парковой средой, в которую вливается поселок, но и вносит определенный вклад в энергоэффективные показатели зданий. Ориентация домов (рис. 4) – большими окнами на южную сторону (с хорошей тенезащитой, чтобы летом солнце не перегревало дом, а зимой, когда оно стоит низко над горизонтом, наоборот, обеспечивало бы его теплом, поскольку лучи могут проникнуть глубоко в помещения). Северный ветер не охлаждает дома, так как с этой стороны окон нет – фасады глухие. В итоге дом работает как термос, но в отличие от классического «пассивного» дома может похвастаться естественной вентиляцией. Что примечательно – таким образом спроектированы не только коттеджи и таунхаусы, но и многоквартирный дом.

Планировка у жилых зданий построена по одному и тому же принципу – гостиные и спальни расположены со стороны фасадов, а кухня, отделенная раздвижной перегородкой, находится в глубине. Обычно помещения, расположенные дальше 6 м от окна, по нормам могут освещаться только искусственным путем; в данном поселке в кухнях по максимуму используется дневной свет. Для этого применяются системы световых колодцев – solar tube, представляющие собой своего рода трубу с зеркальным заполнением и линзами сверху и снизу (рис. 2). По тому же принципу освещаются и подземные стоянки, причем обойдется эта технология заказчику совсем недорого, даже если не учитывать экономию электроэнергии.

В поселке предполагается централизованная уборка мусора, принцип избавления от которого напоминает пневматическую почту: через равномерные промежутки на улицах расположены специальные цилиндрические сооружения, куда можно выбросить пакет с мусором. Там он спрессовывается, и полученная «колбаска» уносится в контейнер со скоростью 100 км/ч – мусор получается упакован абсолютно герметично, что обеспечивает отсутствие непри-



Рис. 3. Открывающийся вид на море обеспечен для каждого жителя поселка



Рис. 4. Все дома ориентированы на юг

ятных запахов. Сами контейнеры располагаются в многофункциональном центре, но это не вызовет неудобств у посетителей центра, поскольку при подобной организации

Список литературы

1. Сапачева Л.В. Экоустойчивая позиция российских архитекторов // *Жилищное строительство*. 2010. № 12. С. 19–22.
2. Бунина О.А. Состояние и перспективы развития объектов «зеленого» строительства в городе Ставрополе // *Современные наукоемкие технологии*. 2009. № 3. С. 50–51.
3. Корчагина О.А., Островская А.А., Юдина О.А., Ильясова О.И. «Зеленое» строительство // *Components of scientific and technological progress*. 2013. № 3 (18). С. 42–45.
4. Данилов С.И. Активный, потому что пассивный и умный // *Инициативы XXI века*. 2011. № 4–5. С. 72–83.
5. Цицин К.Г. Энергоэффективные технологии – будущее жилищного строительства // *Эффективное антикризисное управление*. 2013. № 2 (77). С. 50–51.

мусороудаления не будет ни запахов, ни крыс, ни каких-либо неприятных эффектов. В многоквартирном доме та же система утилизации мусора организована в виде мусоропровода.

В поселке предполагается развитая инфраструктура, которая помимо всего прочего может приносить доход владельцу поселка – в нее входят мост, пляж, зона отдыха, где можно разместить бар и бассейн, а также яхтенную пристань, которая в будущем может служить для марин (такая сеть в настоящее время строится на Черноморском побережье).

Экологический комплекс «АГОЙ-ПАРК» под Туапсе является наглядной демонстрацией того, что экоустойчивость совсем не обязательно означает запредельные затраты и сложнореализуемые решения. В этом поселке реализованы принципы «синей», устойчивой архитектуры.

References

1. Sapacheva L.V. Ecosteady position of the Russian architects. *Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]*. 2010. No. 12, pp. 19–22 (in Russian).
2. Bunina O. A. State and prospects of development of objects of green construction in the city of stavropol. *Modern high technologies*. 2009. No. 3, pp. 50–51 (in Russian).
3. Korchagina O.A. Ostrovskaya A.A. Yudina O.A. Ilyasova O.I. «Green» construction. *Components of scientific and technological progress*. 2013. No. 3 (18), pp. 42–45 (in Russian).
4. Danilov S. I. Aktivny, because passive and clever. *XXI century Initiatives*. 2011. No. 4–5, pp. 72–83 (in Russian).
5. Tsitsin K.G. Power effective technologies – the future of housing construction. *Effective crisis management*. 2013. No. 2 (77), pp. 50–51 (in Russian).

В рамках промышленной выставки




SmartCity «Новосибирск»: комфортный город

- Интеллектуальные здания
- Жилищно-коммунальное хозяйство
- Водоснабжение
- Инженерные системы
- Экология

30 сентября – 3 октября 2014
Россия, Новосибирск

Место проведения:
«Новосибирск Экспоцентр»



Организатор: 

При поддержке: 

Информационная поддержка: 

www.ides-sib.ru

УДК 624.6.012.2

А.А. ДАВИДЮК, инженер

ОАО «КТБ ЖБ» (109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6, стр. 15А)

Несущая способность анкерного крепежа и гибких базальто-пластиковых связей в кладке из легкобетонных блоков на стекловидных заполнителях

Проведены экспериментальные исследования анкерного крепежа и гибких базальто-пластиковых связей, установленных в кладку из блоков легкого бетона на стекловидных заполнителях плотностью 600 кг/м³ и 800 кг/м³ и прочностью В2 и В5, на действие вырывающих усилий. Получены значения усилия вырыва для ряда анкерных крепежей и связей. Отслежены деформации, возникающие при действии продольных сил на анкерный узел. Установлены схемы и характер деформаций рассмотренных анкерных узлов.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, наружные стены, фасады, анкер, фасадные конструкции, бетоны на стекловидных заполнителях, вспученный туфоаргиллитовый гравий (ВТГ), вспученный витрозитовый гравий (ВВГ), пеностеклогрануляты (ПСГ), трепельный гравий.

A.A. DAVIDYUK, engineer

JSC "KTB ZhB" (6/15A, 2nd Institutskaya str., 109428 Moscow, Russian Federation)

Bearing capacity of anchor fastening and flexible basalt-plastic ties in masonry made of light-concrete blocks with glassy binders

Experimental studies of the effect of break-out forces on the anchor fastening and flexible basalt-plastic ties installed into the masonry from light-concrete blocks with glassy binders of 600 kg/m³ and 800 kg/m³ density and B2 and B5 strength have been conducted. Values of break-out forces for some anchor fastenings and ties have been obtained. Deformations appearing during the effect of transverse forces on the anchor joint have been tracked. Schemes and character of deformations of anchor joints considered have been established.

Keywords: enclosing structures, external walls, facades, anchor, façade structures, concretes with glassy binders, blown-up tuff-argillite gravel (BTG), blown-up vitresit gravel (BVG), foam glass granulates (FGG), tripoli gravel.

Как известно, легкие бетоны для ограждающих стеновых конструкций на традиционных обжиговых заполнителях, таких как керамзит, шунгизит и другие, зачастую не удовлетворяют современным требованиям норм по тепловой защите зданий без применения эффективных утеплителей [1, 2]. В случае применения ячеистых и полистиролбетонных плотностью 600 кг/м³ и менее не всегда обеспечиваются требуемые деформативно-прочностные показатели, что создает ряд проблем при креплении навесных фасадных конструкций к наружным стенам [3–5].

В настоящее время все большее распространение получают легкие конструктивно-теплоизоляционные бетоны на пористых стекловидных заполнителях, обладающие повышенными физико-механическими свойствами в сравнении с равноплотными легкими и ячеистыми бетонами [6]. В качестве заполнителей для таких бетонов могут применяться вспученный туфоаргиллитовый гравий (ВТГ), вспученный витрозитовый гравий (ВВГ), пеностеклогрануляты (ПСГ), стекловидный трепельный гравий, а также любые другие заполнители на основе кремнеземистых пород, имеющие практически неограниченную сырьевую базу на территории страны. При проектировании наружных стен на основе легких бетонов на стекловидных заполнителях в климатических условиях Москвы можно полностью отказаться от дополнительного утепления при толщине стен не менее 450–500 мм

с $R_{тп} = 2,8–3,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$. Кроме того, их высокие прочностные свойства обеспечивают повышенную несущую способность анкерных креплений в навесных фасадных конструкциях.

Впервые выполнены экспериментальные исследования несущей способности анкерного крепления и гибких связей,



Рис. 1. Экспериментальные образцы-столбы сечением 410х400 мм на основе стеновых блоков из легкого бетона на гранулированном пеностекле марки «Неопорм»: а – из блоков плотностью D600, прочностью В2; б – из блоков плотностью D800, прочностью В5



Рис. 2. Схема проведения испытаний несущей способности анкерных креплений в кладке на основе блоков из легкого бетона на стекло-видных заполнителях: 1 – передвижная опора; 2 – образец кладки; 3 – опоры прибора; 4 – индикатор часового типа; 5 – рукоятка для подачи нагрузки; 6 – гидравлический цилиндр (прибор HYDRAJAWS); 7 – опорная площадка прибора; 8 – манометр; 9 – анкерный элемент или гибкая связь; 10 – распределительная пластина; 11 – гидравлический пресс.

установленных в кладку стен из блоков из легких бетонов на основе стекловидных заполнителей.

Для проведения испытаний были отобраны распорные и химические анкеры швейцарской фирмы Mungo, рекомендованные для крепления навесных фасадных конструкций, и гибкие связи из базальтопластиковой арматуры, предназначенные для соединения конструктивных слоев в стенах с облицовкой из кирпича. В качестве стеновых матери-

алов использованы блоки из легкого бетона на основе заполнителей из гранулированного пеностекла марки «Неопорм», опытное производство которых открыто на заводе компании «СТЭС-Владимир» (г. Владимир). Размер блоков 200×200×400 мм, плотность бетона 600 кг/м³ и 800 кг/м³, класс по прочности на сжатие – В2 (M25) и В5 (M75) соответственно. В качестве кладочного раствора использованы готовые сухие цементно-песчаные смеси.



Рис. 3. Испытание крепежных систем, установленных в кладку блоков из легкого бетона на стекловидных заполнителях: а – химические анкеры Mungo; б – распорные полиамидные дюбели Mungo; в – распорные металлические анкеры Mungo; г – гибкие связи из базальто-пластиковой арматуры

Таблица 1

Плотность блоков легкого бетона на стекловидных заполнителях	Характеристики анкеров			Экспериментальные значения	
	Марка анкера	Диаметр, мм	Глубина заделки, мм	N_b^{min} , кН	Δ_b^{cp} , мм
D600	Mungo MIT-E	8	75	4,5	0,58
			100	5,5	0,6
			150	7	0,64
		10	75	5	0,55
			100	6,5	0,63
			150	9,5	0,68
		12	75	5,5	0,53
			100	7	0,57
			150	11	0,69
D800	Mungo MIT-E	8	75	6	0,63
			100	8,5	0,65
			150	10	0,55
		10	75	6,5	0,57
			100	9	0,65
			150	12	0,66
		12	75	7	0,51
			100	9,5	0,6
			150	14	0,62

На рис. 1 представлены экспериментальные образцы стен сечением 410×400 мм и высотой в 4 и 5 рядов. Установка анкеров выполнялась в блоки кладки из расчета один анкер на тычковую грань и два анкера на ложковую, гибкие связи закладывались в растворные швы из расчета две связи в пределах длины блока и одна связь в пределах высоты блока. Армирование швов выполнялось через каждые 2 ряда в образцах из 5 рядов кладки с помощью металлической сетки с ячейкой 50×50 мм из стержней $\varnothing 4$ мм класса Вр1. Схема экспериментальных образцов представлена на рис. 2.

При проведении испытаний усилие на анкер или гибкую связь подавалось ступенями с шагом 1/10–1/20 от предполагаемой разрушающей нагрузки. Для фиксации величины остаточных деформаций (перемещений) анкерного узла на этапах нагружения выполнялась разгрузка, что позволило оценить интервалы нагружения, при которых кладка работала в упругой или нелинейной стадии. При проведении испытаний экспериментальные образцы-столбы помещались в гидравлический пресс либо нагружались штучными грузами под нагрузку, составляющую до 1/3 от разрушающей по СНиП II-22-81* «Каменные и армокаменные конструкции».

Таблица 2

Плотность блоков легкого бетона на стекловидных заполнителях	Характеристики анкеров			Экспериментальные значения	
	Марка анкера	Диаметр дюбеля/ шурупа, мм	Глубина заделки/ длина распорной зоны, мм	N_b^{min} , кН	Δ_b^{cp} , мм
D600	Mungo MBR	8/6	80/50	1,25	0,28
	Mungo MB	8/6	100/70	2,25	0,5
	Mungo MBRK	10/8	100/50	3	0,55
	Mungo MBK	10/8	120/70	3,5	0,64
	Mungo MGD	14/12	100/75	4	0,78
D800	Mungo MBR	8/6	80/50	2,25	0,53
	Mungo MB	8/6	100/70	3	0,61
	Mungo MBRK	10/8	100/50	4,5	0,74
	Mungo MBK	10/8	120/70	5	1,1
	Mungo MGD	14/12	100/75	5,5	0,82

Таблица 3

Плотность блоков легкого бетона на стекловидных заполнителях	Характеристики анкеров			Экспериментальные значения	
	Марка анкера	Диаметр шпильки анкера, мм	Глубина заделки/ длина распорной зоны, мм	N_b^{min} , кН	Δ_b^{cp} , мм
D800	Mungo MHA-B	8	95/45	2	0,36
		10	100/60	2,25	0,34
		12	145/85	3,5	0,41

Таблица 4

Участок анкеровки	Характеристики связей			Экспериментальные значения			
	Марка раствора	Диаметр арматуры, мм	Глубина заделки, мм	N_b^{min} , кН	Δ_b^{cp} , мм		
Растворные швы без армирования	М100	4	75	2	0,71		
			100	3	0,75		
			125	4,5	1,01		
			150	5,5	1,26		
			175	6	1,26		
			200	6	1,16		
			225	7	1,35		
		6	100	3,5	0,69		
			150	6	1,04		
			175	6,5	1,10		
		7,5	100	3,5	0,63		
			150	6	1,12		
		Растворные швы с арматурной сеткой	М100	4	75	3,5	0,86
					100	4	1,03
125	4,5				0,77		
150	5,5				1,42		
175	6,5				1,48		
200	7				1,33		
225	7,5				1,43		
6	75			4	0,67		
	100			5,5	0,89		
	125			6	0,88		
	150			6,5	0,94		
	225			8	1,05		
7,5	250			9	1,06		
	100			5,5	1,09		
	150			6,5	1,15		
	200			8,5	1,46		

В табл. 1–4 представлены значения вырывающих усилий (N_b) и деформаций (Δ_b), полученные по результатам трех испытаний каждого типа анкеров и гибких связей. В таблицах указаны минимальные значения усилий N_b , полученных при вырыве. В качестве значений Δ_b приняты средние значения деформации, соответствующие минимальным усилиям вырыва каждого типа анкерных связей.

При вырыве химических анкеров из кладки экспериментальных столбов происходило разрушение блока в зоне заделки анкеров с образованием конуса вырыва (рис. 3, а). Результаты испытаний химических анкеров представлены в табл. 1.

При испытаниях полиамидных фасадных дюбелей потеря несущей способности анкерного крепления, как правило, происходила без разрушения бетона (рис. 3, б). Результаты испытаний полиамидных дюбелей с металлическими шурупами представлены в табл. 2.

Испытания металлических распорных анкеров (рис. 3, в) проводились в блоках плотностью D800, так как данный крепеж в соответствии с каталогом фирмы производителя, применяется в материалах высокой плотности таких как высокоплотный легкий бетон, природный камень, кирпич или тяжелый бетон. В процессе установки анкеров в блоки кладки момент затяжки составил не более половины требуемого значения, указанного в техническом руководстве по монтажу (25 Нм, 40 Нм и 50 Нм для анкеров диаметром $\varnothing 8$ мм, $\varnothing 10$ мм и $\varnothing 12$ мм соответственно). Результаты испытаний распорных металлических анкеров представлены в табл. 3.

Испытание гибких связей из базальто-пластиковой арматуры производилось с помощью специально изготовленного захвата. При вырыве связи с глубиной заделки менее 100 мм в растворных швах без арматурной сетки происходило разрушение растворного шва с образованием конуса вырыва (рис. 3, г). В случае испытания связей в растворных швах с армированием или без армирования с глубиной заделки более 100 мм разрушение анкерного узла происходило по цилиндрической поверхности связи без образования конуса вырыва. Связи, установленные в вертикальные швы кладки, выдергивались без видимых разрушений или вытаскивались руками, в основном по причине отсутствия достаточной зоны контакта с цементно-песчаным раствором вследствие наличия пустот в вертикальных швах. Результаты испытаний гибких базальто-пластиковых связей представлены в табл. 4.

Таким образом, при проектировании конструкций наружных стен на цементно-песчаном растворе марки М100 с использованием гибких базальто-пластиковых связей рекомендуется анкеровку связей осуществлять только в горизонтальных швах, при этом глубина заделки должна составлять не менее 100 мм.

Выводы:

1. Впервые для блоков из легкого конструкционно-теплоизоляционного бетона на стекловидных заполнителях проведены экспериментальные испытания для определения вырывающих усилий анкерного крепежа и гибких базальто-пластиковых связей, установленных в кладку из этих блоков.

2. Получены значения деформаций, возникающих при действии продольных сил на анкерный узел. Установлены схемы и характер деформаций рассмотренных анкерных узлов.

3. Полученные результаты свидетельствуют о том, что несущая способность исследованных анкеров, установлен-

ных в блоках легкого бетона на стекловидных заполнителях, до двух раз выше, чем аналогичных анкеров, установленных в равноплотных ячеистых бетонах.

4. Проведенные экспериментальные исследования будут способствовать более широкому использованию бетонов на стекловидных заполнителях в наружных стенах.

Список литературы

1. Давидюк А.Н., Давидюк А.А. Прочностные свойства легких бетонов на стекловидных заполнителях для многослойных ограждающих конструкций // *Бетон и железобетон*. 2008. № 6(555). С. 9–13.
2. Давидюк А.Н., Давидюк А.А. Деформативные свойства легких бетонов на стекловидных заполнителях // *Бетон и железобетон*. 2009. № 1(556) С. 10–13.
3. Обозов В.И., Давидюк А.А. Анализ повреждений кирпичной облицовки фасадов многоэтажных каркасных зданий // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2010. № 3. С. 51–57.
4. Ищук М.К. *Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кирпичной кладки*. М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ». 2009. 360 с.
5. Грановский А.В. Пути повышения надежности анкерных креплений // *Технологии строительства*. 2008. № 4 (59). С. 13–14.
6. Давидюк А.Н. Легкие конструкционно-теплоизоляционные бетоны на стекловидных пористых заполнителях. М.: Красная звезда. 2008. 208 с.

References

1. Davidyuk A.N., Davidyuk A.A. Mechanical properties of lightweight concrete aggregates for glassy multilayer walling. *Beton i zhelezobeton*. 2008. No. 6(555), pp. 9–13. (In Russian)
2. Davidyuk A.N., Davidyuk A.A. Deformation properties of lightweight concrete aggregates on vitreous. *Beton i zhelezobeton*. 2009. No. 1(556), pp. 10–13. (In Russian)
3. Obozov V.I., Davidyuk A.A. Damage analysis of multi-storey brick veneer facade frame buildings. *Seismostoiikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii*. 2010. No. 3, pp. 51–57. (In Russian)
4. Ishchuk M.K. *Otechestvennyi opyt vozvedeniya zdaniy s naruzhnyimi stenami iz oblegchennoi kirpichnoi kladki* [Domestic experience in the construction of buildings with exterior walls made of lightweight masonry]. Moscow. STROIMATERIALY. 2009. 360 p.
5. Granovskii A.V. Ways to improve the reliability of anchorages. *Tekhnologii stroitel'stva*. 2008. No. 4 (59), pp. 13–14. (In Russian)
6. Davidyuk A.N. *Legkie konstruksionno-teploizolyatsionnye betony na steklovidnykh poristykh zapolnitelyakh* [Lightweight structural heat-insulating concrete on glassy porous aggregates]. Moscow. Krasnaya zvezda. 2008. 208 p.

Открытое акционерное общество

«Центральный научно-исследовательский и проектный институт жилых и общественных зданий»

Рег. № 28128 РП

Адрес: 127434, Москва, Проспект Мира, дом 16, стр. 2. Тел.: 8 (499) 976-28-19

Баланс общества на 01.01.2014 г. (тыс. руб.)

Актив

Внеоборотные активы.....	137 461
Оборотные активы.....	748 160
Всего.....	885 621

Пассив

Капитал и резервы.....	652 928
Долгосрочные обязательства.....	4 216
Краткосрочные обязательства.....	228 477
Всего.....	885 621

Отчет о финансовых результатах

Выручка.....	695 481
Себестоимость.....	537 327
Управленческие расходы.....	251 791
Проценты к получению.....	13 593
Прочие доходы.....	129 873
Прочие расходы.....	139 068
Прибыль до налогообложения.....	(89 239)
Отложенные налоговые активы.....	16 601
Отложенные налоговые обязательства.....	(718)
Текущий налог на прибыль.....	–
Чистая прибыль (убыток).....	(88 783)
ПРОЧИЕ.....	(15 427)



УДК 69.057.13 : 624.078

В.В. ДАНЕЛЬ, канд. техн. наук

Московский государственный строительный университет (129337, Москва, Ярославское шоссе, 26)

Решение проблемы вертикальных стыков наружных стеновых панелей

В результате суточных и сезонных колебаний температуры наружные слои трехслойных стеновых панелей изменяют свои размеры, что приводит к изменению расстояний между ними. Так как обычно горизонтальные размеры панелей больше вертикальных, слабым местом являются вертикальные стыки. Предложена конструкция комбинированных наружных стеновых панелей, позволяющая исключить протекание и промерзание вертикальных стыков. Указанный результат достигается тем, что на участках наружной стеновой панели, примыкающих к боковым торцам, использован навесной фасад. При этом в ее средней части можно использовать любую конструкцию. Например, традиционную трехслойную, с утеплителем из низкотеплопроводного бетона и монолитной связью между слоями, с вакуумной изоляционной панелью и др. Использование комбинированных наружных стеновых панелей позволяет применять различные схемы соединений панелей между собой, улучшать архитектурную выразительность зданий при различных схемах разрезки наружных стен, уменьшать трудоемкость по сравнению с установкой навесного фасада по всей площади панели.

Ключевые слова: комбинированная наружная стеновая панель, вертикальный стык, внутренний слой, наружный слой, утеплитель, навесной фасад.

V.V. DANEL, Candidate of Technical Sciences,
Moscow State University of Civil Engineering (26 Yaroslavl'skoye Hwy, 129337 Moscow, Russian Federation)

Solution of problem of vertical joints of external wall panels

As a result of daily and seasonal fluctuations of temperature the external layers of three-layer wall panels change their sizes that leads to change the distance between them. Since vertical sizes of panels usually more vertical ones the vertical joints are weak points. A design of combined external wall panels which makes it possible to exclude leakage and freezing of vertical joints is proposed. This result is achieved by using the suspended façade at parts of the external wall panel adjoining the sidelong butt ends. In this case, any structure can be used in the middle part of the panel. For example, the traditional three-layer panel with heat insulation made of concrete with low heat conductivity and monolithic ties between layers, with vacuum insulating panel and others. The use of combined external wall panels makes it possible to use various schemes of connection between panels, improve the architectural expression of the buildings at different schemes of cutting the exterior walls, reduce the labor intensity in comparison with the installation of a suspended façade on the whole area of the panel.

Keywords: combined external wall panel, vertical joint, internal layer, external layer, heat insulation, suspended façade.

При различных вариантах разрезки наружных стен на панели в крупнопанельных зданиях существует проблема вертикальных стыков: протекание и промерзание. Наружный слой стеновых панелей работает в условиях суточных и сезонных колебаний температур. Если летом он нагреется до 70°C (температура нагрева зависит и от цвета отделочного слоя), а зимой охладится до -30°C, то при разности температур 100°C и длине панели 7,2 м температурная деформация составит 7,2 мм. Вертикальный стык между панелями зимой в этом случае раскроется на 14,4 мм. Имеет значение расположение и вид связей между внутренним и наружным слоями, предотвращающими возникновение трещин в наружном слое из-за разности их деформаций [1].

Известны три основных вида стыков: закрытый, не допускающий проникновения влаги в толщу панели, а также открытый и дренированный, предусматривающие свободные деформации наружных слоев с возможностью проникновения влаги на определенную глубину внутрь панели. Конструкции этих стыков могут применяться для панелей небольшой длины и в необходимой степени не решают выше-названную проблему. Специалистами ГУП МНИИТЭП предложены конструкции вертикального стыка с водоизолирующим компенсационным устройством между наружными стеновыми панелями большой длины.

В Москве пятиэтажные дома сносят. В Московской области, видимо из-за финансовых соображений, пяти- и де-

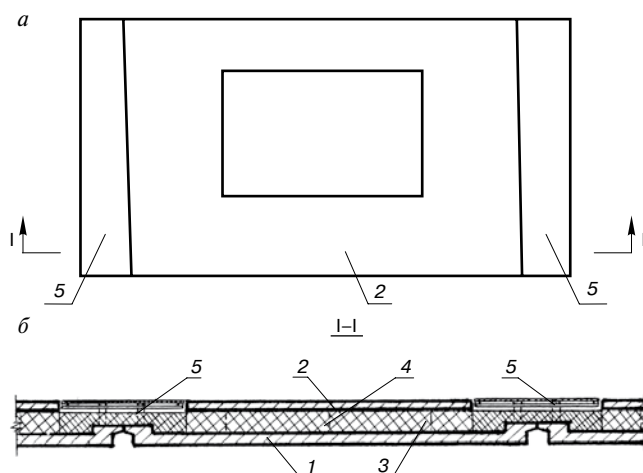


Рис. 1. Комбинированная наружная стеновая панель: а – общий вид; б – продольное сечение I–I комбинированной наружной стеновой панели; 1 – внутренний несущий железобетонный слой; 2 – защитный наружный железобетонный слой; 3 – теплоизоляционный слой; 4 – связи между внутренним и наружным слоями; 5 – навесной фасад

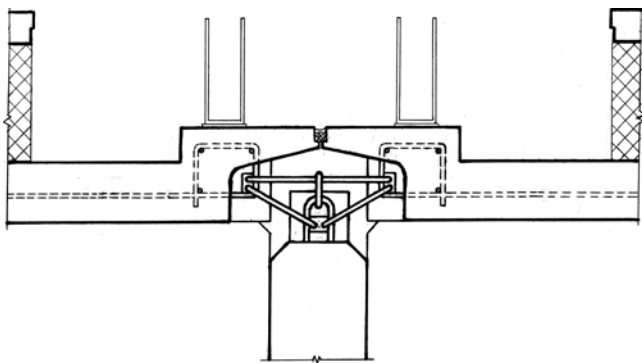


Рис. 2. Участки наружных панелей у боковых торцов до монтажа навесного фасада [3]

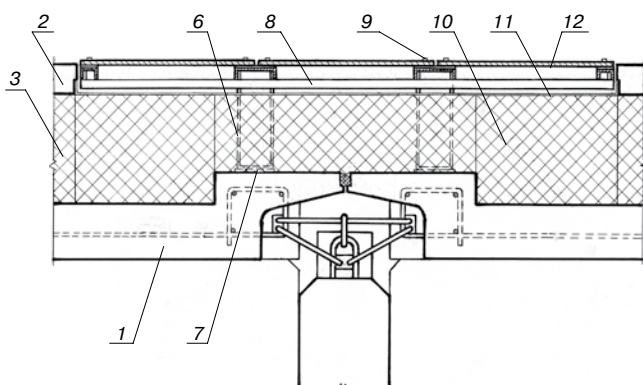


Рис. 3. Участки наружных панелей у боковых торцов после монтажа навесного фасада: 1—5 (см. рис. 1); 6 — кронштейн; 7 — прокладка термоизолирующая; 8 — решетка из профилей; 9 — клямер; 10 — утеплитель; 11 — гидроветрозащитная паропроницаемая мембрана; 12 — облицовочная плита

вятиэтажные крупнопанельные дома утепляют устройством навесного фасада. Таким образом, автоматически решается проблема вертикальных швов, а дома приобретают более эстетичный внешний вид.

Известны трехслойные полносборные вентилируемые панели заводского изготовления, в которых между теплоизоляционным слоем и наружным ограждающим железобетонным посредством связей имеется воздушная прослойка (вентиляционный зазор) около 30 мм. При наружном ограждающем слое размером на панель проблематична обработка вертикального шва между внутренними слоями снаружи.

Другой вариант: внутренний слой панели с утеплителем и связями для крепления наружного слоя изготавливают на заводе. На строительной площадке крепят элементы наружного слоя навесного фасада. Вертикальные стыки таких панелей не протекут и не промерзнут.

Могут решить проблему вертикальных стыков и комбинированные наружные стеновые панели, т. е. панели, имеющие на разных участках разную конструкцию. Например, комбинированная наружная стеновая панель (рис. 1), состоящая в средней части из внутреннего 1, защитного наружного 2 железобетонных слоев, теплоизоляционного слоя 3 между ними, связей 4 между внутренним и наружным слоями [1] в средней части панели и участков навесного фасада 5, примыкающих к боковым торцам панели (В.В. Дanelь. Заявка № 2013150770 от 15.11.2013 г. на патент РФ на полезную модель «Комбинированная наружная стеновая панель»).

Могут быть и другие варианты исполнения средней части. Например, монолитная связь между слоями, утеплитель из низкотеплопроводного бетона [2]. На участке панели под оконным проемом можно использовать строительную вакуумную изоляционную панель, разработанную А.П. Пустовгаром, С.В. Нефедовым и А.Д. Ведениным в МГСУ. Тогда без ущерба для теплоизоляции благодаря малой толщине этой панели под окном можно сделать нишу для батареи отопления.

Навесной фасад на участках у вертикальных стыков монтируется после окончательного закрепления панелей в проектном положении (рис. 2, 3).

Кроме отсутствия протечек и промерзаний в вертикальных стыках между наружными стеновыми панелями при использовании конструкции навесного фасада в области вертикальных стыков появляется возможность осмотра состояния теплоизолирующего слоя и при необходимости его восстановления, сохранения термического сопротивления конструкции в процессе эксплуатации. Кроме того, навесной фасад на этих участках позволит улучшить архитектурную выразительность зданий при различных схемах разрезки наружных стен, уменьшит трудоемкость по сравнению с установкой навесного фасада по всей площади панели. Использование комбинированных наружных стеновых панелей позволяет применять различные схемы соединений панелей между собой, в том числе и петлевые.

Список литературы

1. Ярмаковский В.Н., Шапиро Г.И., Рогинский С.Л., Тросницкий В.Б., Залесов А.С., Розенталь Н.К. Энергоэффективные ограждающие конструкции зданий с гибкими композитными связями // *Энергосбережение*. 2012. № 2. С. 8–13.
2. Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. *Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности (основы теории, методы расчета и технологическое проектирование)*. М.: АСВ, 2008. 320 с.
3. Патент РФ № 110393 на полезную модель. *Стыковое вертикальное соединение наружных и внутренней стеновых панелей* // В.В. Дanelь. Приоритет от 29.06.2011 г. Зарегистрировано 20.11.2011 г. Опубл. 20.11.2011. Бюл. № 32.

References

1. Yarmakovskiy V. N., Shapiro G. I., Roginsky S. L., Trosnitskiy V. B., Zalesov A. S., Rosenthal N. K. Power effective protecting designs of buildings with flexible composite communications. *Energoberezhenie*. 2012. No. 2, pp. 8–13 (in Russian).
2. Bazhenov YU.M., King E.A., Erofejev V.T., Mitino E.A. *Ograzhdayushchie konstruksii s ispol'zovaniem betonov nizkoi teploprovodnosti (osnovy teorii, metody rascheta i tekhnologicheskoe proektirovanie)*. [Protecting designs with use of concrete of low heat conductivity (theory bases, methods of calculation and technological design)]. М.: ASV, 2008. 320 p. (in Russian).
3. Patent RF 110393 for useful model. *Stykovoe vertikal'noe soedinenie naruzhnykh i vnutrennei stenovykh panelei* [Butt vertical connection external and internal wall panels]. V.V. Danel. Declared 29.06.2011. Published 20.11.2011. Bulletin No. 32 (in Russian).

УДК 699.86

О.Д. САМАРИН, канд. техн. наук

Московский государственный строительный университет (129337, Москва, Ярославское шоссе, 26)

Обоснование снижения теплозащиты ограждений с использованием актуализированной редакции СНиП 23-02–2003

Рассмотрена экономическая целесообразность применения пониженного уровня теплозащиты наружных ограждений зданий на основе требований СП 50.13330.2012. Приведены результаты расчетов фактической и нормируемой удельной теплозащитной характеристики с использованием методики СП, определения капитальных затрат на теплоизоляцию, суммарных расходов на тепловую энергию и других технико-экономических показателей при различных значениях сопротивления теплопередаче основных наружных ограждений для группы жилых зданий. Приведен анализ полученных данных и выявлены условия окупаемости базового уровня теплозащиты по сравнению с пониженным с использованием совокупных дисконтированных затрат. Определены категории собственников и нанимателей жилья, получающих преимущества и убытки от повышения сопротивления теплопередаче при действующем состоянии рынка жилья, механизме его распределения и ставке ипотечного кредитования.

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

O.D. SAMARIN, Candidate of Technical Sciences, Moscow State University of Civil Engineering,
(26 Yaroslavskoye Hwy, Moscow, 129337, Russian Federation)

Substantiation of reducing the heat protection of enclosures with the use of an actualized version of SNiP 23-02-2003

The economical expediency of using the decreased level of thermal protection of external building enclosures in terms of demands of SP 50.13330.2012 is considered. The calculation results of design and required specific thermal protection using the procedure of SP, determining the capital costs for thermal insulation, total expenditures for heat energy and other technical and economical parameters at the different values of thermal resistance of the main external enclosures for the series of residential buildings are presented. The analysis of obtained data is given and conditions of recoupment of the base level of thermal protection in comparison with the decreased level with the use of combined discounted costs are shown. The categories of owners and tenants of dwellings getting preferences and losses from increasing of thermal resistances at the actual state of dwelling market, mechanism of its distribution and mortgage lending rate are defined.

Keywords: thermal resistance, specific heat protection characteristic of building, capital costs, payback period, discount norm.

Вопросам повышения энергоэффективности зданий и сооружений при их строительстве и эксплуатации и методам нормирования энергосберегающих мероприятий уделяли внимание многие авторы как в нашей стране, так и за рубежом [1–3].

В то же время в Российской Федерации с 1 июля 2013 г. вступила в силу актуализированная редакция СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» – СП 50.13330.2012. В соответствии с ее требованиями сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_o , м²·К/Вт, допускается принимать с использованием региональных коэффициентов m_p , корректирующих базовое значение R_o , назначаемое в соответствии с величиной градусо-суток отопительного периода (ГСОП) в районе строительства. Минимальные значения m_p составляют 0,63 для наружных стен, 0,8 для полов и потолков и 0,95 для светопрозрачных конструкций.

Рассмотрим сравнение двух вариантов устройства наружных ограждений в жилых зданиях, расположенных в Москве. В первом варианте все m_p считаются равными единице, т. е. R_o выбираются непосредственно по табл. 3 СП 50.13330.2012. Во втором варианте используется минимально допустимый уровень m_p . Результаты вычислений R_o можно свести в табл. 1.

Для повышения достоверности выводов дальнейшие расчеты были осуществлены для двенадцати характерных жилых зданий различной этажности (от 5 до 18 этажей) с разными размерами и площадью [4]. Конструктивные параметры зданий приведены в табл. 2. Здесь $A_{ст}$, $A_{пл}$, $A_{пт}$ и $A_{ок}$ – соответственно площади наружных стен, пола над подвалом, чердачного перекрытия или бесчердачного покрытия, м², принимаемые по строительным чертежам [4]; $A_{от}$, $A_{жил}$ и $A_{общ}$ – отопляемая, жилая и общая площади зданий, м²; $h_{ст}$ и n – высота этажа от пола до потолка и число этажей.

Сопротивления теплопередаче основных ограждающих конструкций по сравниваемым вариантам

Таблица 1

Вариант теплозащиты	Наружная стена		Пол над подвалом		Покрытие		Окна	
	m_p	R_o	m_p	R_o	m_p	R_o	m_p	R_o
1	1	3,13	1	4,125	1	4,672	1	0,528
2	0,63	1,972	0,8	3,3	0,8	3,737	0,95	0,501

Таблица 2

Характеристики зданий, использованных в расчетах

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

Таблица 3

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

№ здания	$K_{об}^I$	$K_{об}^{II}$	$k_{об}^{TP}$	$\Delta K_{уд}$	$\Delta \mathcal{E}_{уд}$	$T_0, г$	$T_{ок}, г$
1	0,265	0,343	0,396	279,1	35,85	7,78	30,7
2	0,246	0,323	0,442	270	35,15	7,68	27,42
3	0,242	0,308	0,418	250,4	29,62	8,45	Не окуп.
4	0,272	0,348	0,446	290	34,06	8,51	Не окуп.
5	0,26	0,337	0,432	271,5	34,73	7,82	32,15
6	0,266	0,345	0,446	292,1	35,68	8,19	Не окуп.
7	0,245	0,312	0,391	242,5	30,5	7,95	42,91
8	0,268	0,347	0,371	280,2	36,14	7,75	29,57
9	0,223	0,279	0,325	216,3	27,39	7,9	37,03
10	0,343	0,418	0,391	296,4	36,26	8,17	Не окуп.
11	0,293	0,378	0,432	321,2	41,64	7,71	28,27
12	0,374	0,47	0,342	363,6	47,21	7,7	27,91

Результаты дальнейших вычислений, выполненных с использованием методики СП 50.13330.2012, сведены в табл. 3. Вследствие значительного объема вычислений и их однотипного характера для этого была разработана программа для ЭВМ. Здесь $K_{об}^I$ и $K_{об}^{II}$ – фактическая удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·К), получаемая в результате расчета. По определению она равна отношению суммарных теплопотерь за счет теплопередачи через наружные ограждающие конструкции к отапливаемому объему здания $V_{от}$, м³, и к расчетной разности температуры внутреннего и наружного воздуха, °С. Параметр $k_{об}^{TP}$ представляет собой нормируемое значение данной характеристики в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012. Он используется для выявления возможности снижения теплозащиты, потому что для этого должно выполняться условие $K_{об}^{II} < k_{об}^{TP}$.

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

уровень текущей ставки ипотечного кредитования Сбербанка РФ для различных категорий клиентов применительно к объектам недвижимости, построенным без участия его кредитных средств (по данным интернет-ресурса http://www.ipotek.ru/sber_gotovoe_jilie.php. Дата обращения 24.02.2014), т. е. 12,5% годовых, оказывается [5, 6]:

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

Таким образом, величина $T_{ок}$ во всех случаях превышает 25 лет, что заведомо больше срока обычного ипотечного кредита, который, как правило, выдается на 10–20 лет, а для некоторых зданий окупаемость и вовсе отсутствует, поскольку $T_0 > 100/p = 8$ лет и аргумент логарифма в числителе формулы для $T_{ок}$ отрицателен. Данный эффект в конечном счете связан с тем, что доля трансмиссионных теплопотерь в общем энергетическом балансе жилых зданий не слишком велика и, как правило, не превышает 40–45%, а остальное приходится на долю вентиляции и горячего водоснабжения [7].

Следовательно, преимущества от использования повышенных сопротивлений теплопередаче обнаруживаются только для той категории жителей, которая может получить новое жилье бесплатно в порядке очереди на условиях социального найма. Но в настоящее время к данной категории относится меньшинство населения. В то же время для тех, кто в принципе может приобрести жилье даже на усло-

виях ипотечного кредитования, основное значение имеет непосредственно его стоимость, а некоторое последующее повышение эксплуатационных издержек на оплату коммунальных услуг – уже во вторую очередь, так как это в основном платежеспособные люди, по крайней мере на уровне текущих расходов. В то же время капитальные затраты определяют сумму, которую нужно единовременно внести, и часто являются лимитирующими. Кроме того, рост стоимости жилья неизбежно приведет к снижению платежеспособного спроса, а значит, сбыта, к убыткам застройщиков, ДСК и т. д. и снизит доступность жилья для значительной категории граждан [8].

Поэтому наиболее целесообразным решением будет устройство ограждений с минимально допустимым уровнем теплозащиты. Как видно из табл. 3, использование минимальных m_p возможно почти для всех зданий, поскольку при этом оказывается, что не только $k_{об}^I < k_{об}^{TP}$, но и $k_{об}^{II} < k_{об}^{TP}$, так что требование СП 50.13330.2012 по величине удельной теплозащитной характеристики выполняется и для второго варианта. Исключение составляет здание 10, где из-за неравенства $k_{об}^{II} > k_{об}^{TP}$ возможности для снижения R_o более ограничены, и здание 12, где и при $m_p=1$ оказывается, что $k_{об}^I > k_{об}^{TP}$, поэтому в данном случае требуется даже усиление теплозащиты по сравнению с базовой. Заметим, что оба эти здания имеют этажность, близкую к максимальной, а значит, наихудший коэффициент компактности. Следовательно, мало- и среднеэтажное строительство, помимо определенного упрощения технологии строительства и конструкции инженерных систем, позволяет также добиться максимально возможного снижения объема теплоизоляции в конструкциях и дополнительного удешевления зданий.

Список литературы

1. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // *Строительные материалы*. 2010. № 3. С. 8–16.
2. Горшков А.С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. № 1. С. 9–13.
3. Dylewski Robert, Adamczyk Janusz. Economic and ecological indicators for thermal insulating building investments // *Energy and Buildings*. 2012. No. 54. Pp. 88–95.
4. Самарин О.Д., Зайцев Н.Н. Влияние ориентации остекленных фасадов на суммарное энергопотребление жилых зданий // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. № 8. С. 16–20.
5. Самарин О.Д. *Вопросы экономики в обеспечении микроклимата зданий*. М.: АСВ, 2011. 128 с.
6. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // *Строительные материалы*. 2008. № 8. С. 41–47.
7. Самарин О.Д., Лушин К.И. Об энергетическом балансе жилых зданий // *Новости теплоснабжения*. 2007. № 8. С. 44–46.
8. Самарин О.Д. Еще раз о целесообразности повышения теплозащиты нестеклянных ограждений зданий // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 56–59.

References

1. Gagarin V.G. Macroeconomic features of justification of energy saving measures during increase of thermal performance of building enclosures. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2010. No. 3, pp. 8–16 (in Russian).
2. Gorshkov A.S. Energy efficiency in construction: problems of standardizing and measures to decrease energy consumption of buildings. *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*. 2010. No. 1, pp. 9–13 (in Russian).
3. Dylewski Robert, Adamczyk Janusz. Economic and ecological indicators for thermal insulating building investments. *Energy and Buildings*. 2012. No. 54, pp. 88–95.
4. Samarina O.D., Zaytsev N.N. Influence of the orientation of glazed facades on the overall energy consumption of residential buildings. *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*. 2010. No. 8, pp. 16–20 (in Russian).
5. Samarina O.D. *Voprosy ekonomiki v obespechenii mikroklimate zdaniy. [Problems of economics in maintenance of a building microclimate]*. M.: ASV. 2011. 128 p. (in Russian).
6. Gagarin V.G. Economical analysis of increase of thermal performance level of building enclosures. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2008. № 8. Pp. 41–47 (in Russian).
7. Samarina O.D., Lushin K.I. On energetic balance of residential buildings. *Novosti teplosnabzheniya*. 2007. No. 8, pp. 44–46 (in Russian).
8. Samarina O.D. Once more on expedience of increase of thermal performance of non-transparent enclosures. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2013. No. 9, pp. 56–59 (in Russian).

XVIII специализированная **ВЫСТАВКА**

Хабаровск

22 – 25 мая

Архитектура
СТРОИИНДУСТРИЯ

ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

Город. Экология

2014

Фестиваль «ДВ Зодчество»

www.khabexpo.ru
E-mail: sfroy@khabexpo.ru
☎ (4212) 56-61-29

20 лет

Легкоатлетический манеж
стадиона им. Ленина

ХАБАРОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ЯРМАРКА

УДК 699.86

В.С. БЕЛЯЕВ¹, канд. техн. наук, В.Ф. ТИХОНОВА², инженер

¹ ОАО «Центральный научно-исследовательский и проектный институт жилых и общественных зданий (ЦНИИЭП жилища)»
(Москва, 127434, Дмитровское ш., 9, стр. 3)

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

Энергоэффективные крыши и их теплотехнический расчет

Представлены конструктивные решения теплых и открытых чердаков, изложены методики теплотехнических расчетов, в том числе при двухмерном движении воздушных потоков, в соответствии с действительными условиями эксплуатации. Статья условно разделена на три части: в первой даны технические решения теплого и открытого чердака; во второй – методика теплотехнического расчета открытого чердака в упрощенном виде; в третьей части методика теплотехнического расчета открытого чердака при двухмерном характере движения воздушных потоков. Показано, что определить тепловые и воздушные характеристики воздуха в любой точке помещения возможно при учете двухмерного характера движения вентиляционных потоков.

Ключевые слова: энергоэффективность, утилизация, атмосфера, вентиляционное тепло, конденсат.

V.S. BELYAEV¹, Candidate of Technical Sciences, V.F. TIKHONOVA², Engineer

¹ “Central Scientific, Research and Design Institute for Residential and Public Buildings” (TSNIIEP zhilishcha),
(9/3 Dmitrovskoye Hwy, Moscow, 127434, Russian Federation)

² Moscow State University of Civil Engineering (26 Yaroslavskoye Hwy, 129337 Moscow, Russian Federation)

Energy efficient roofs and their thermo-technical calculations

Structural concepts of warm and open attics are presented; methods of thermo-technical calculations, in the course of two-dimensional air flows in particular, are stated in accordance with real conditions of operation. The article is divided into three parts for convenience: in the first part, technical solutions of warm and open attics are given; in the second one – a methodology of thermo-technical calculation of an open attic in a simplified form; the third part contains the methodology of thermo-technical calculation of an open attic at two-dimensional character of air flows movement. It is shown that it is possible to determine heat and aerial characteristics of air at any point of the premises with due regard for two-dimensional character of ventilation flows movement.

Keywords: energy efficiency, utilization, atmosphere, ventilation heat, condensate.

Крыши с теплым и открытым чердаками являются энерго-эффективными, поскольку позволяют утилизировать часть вентиляционного тепла. В кровлях с теплым чердаком в закрытый объем чердака выводят вентиляционные шахты из помещений здания, а из чердачного объема воздух эвакуируется наружу через сборную вытяжную шахту (рис. 1). Находящийся в чердачном пространстве теплый воздух, температура которого составляет 13–18°C, позволяет исключить утепление чердачного перекрытия либо ограничиться незначительным утеплением. Покрытие крыши требует также незначительного утепления. Обычно для этого достаточно выполнить несущую плиту покрытия из легкого бетона. Теплый чердак обеспечивает 5% экономии энергоресурсов на отопление.

Чердачное пространство для улучшения воздухообмена выполняется в виде единого объема в пределах секции дома. Поэтому применение сплошных конструкций, разделяющих этот объем (длинные опорные панели, высокие прогоны или ребра и т. п.), не допускается. Смежные секции теплого чердака разделяются сплошными несгораемыми стенками, в которых устраивается герметичная дверь размером 1,5×0,8 м или люк размером 0,8×0,8 м. Высота в местах прохода вдоль теплого чердака должна быть не менее 1,6 м.

Выпуск воздуха из теплого чердака в атмосферу производится через вытяжную шахту, общую для всех квартир одной секции дома. Она устанавливается в средней части каждой секции чердака на приблизительно равных расстоя-

ниях от вентиляционных блоков. Устройство общей вытяжной шахты для квартир разных секций дома не допускается.

Вытяжная шахта должна быть рассчитана из условия обеспечения скорости воздушного потока 0,5–1 м/с при расходе воздуха удаляемого из жилых помещений, увеличенном на 30% по сравнению с нормативным объемом. При расчете следует учитывать дополнительный объем воздуха, поступающего на теплый чердак – из самостоятельных вентиляционных каналов, встроенных помещений и технического подполья. Панели покрытия с рулонной кровлей имеют постоянную толщину и изготавливаются с плоской верхней поверхностью. Их рекомендуется выполнять однослойными из легкого или ячеистого бетона, либо многослойными из тяжелого бетона и эффективного утеплителя.

Что касается оценки теплотехнических параметров «теплых» чердаков, то требования СП 50.13330.2012, СНиП 23.02 относятся к ограждениям теплого чердака только в части уменьшения по гигиеническим условиям нормативного перепада температуры у потолка верхнего этажа, что установлено величиной +3°C. Требования же по условиям энергосбережения должны рассматриваться по всему объему теплого чердака, включая покрытие и тепловой эффект вытяжного вентиляционного воздуха, поступающего в чердак. Методики расчетов «теплых» чердаков приведены в [1].

Открытые чердаки имеют ту особенность, что в них совмещены некоторые технические решения теплого и холодного чердаков. В этом типе чердака, так же как в теплом, вентиля-

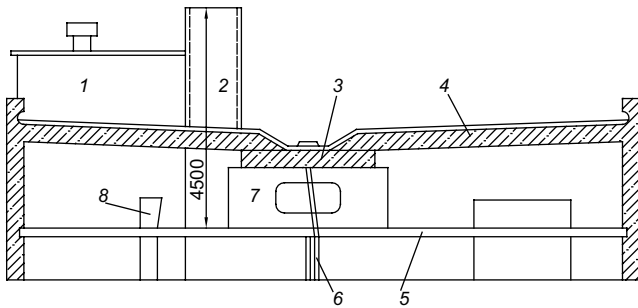


Рис. 1. Теплый чердак: 1 – машинное помещение лифта; 2 – вытяжная вентиляционная шахта; 3, 4 – керамзитобетонная панель покрытия; 5 – панель чердачного перекрытия; 6 – водосточный стоик; 7 – опорная панель; 8 – оголовок вентиляционного блока

ционные шахты выводят в чердачное пространство, но вытяжная шахта отсутствует: воздух из чердака эвакуируется через расположенные в стенах вентилирующие отверстия (рис. 2).

При теплотехническом расчете открытого чердака следует исходить из условия недопустимости выпадения конденсата на холодную внутреннюю поверхность покрытия при соблюдении теплового, влажностного и воздушного балансов чердачного помещения. Необходимый воздухообмен чердака определяется (при нормативном расходе вытяжного воздуха вентиляции здания) расчетом притока наружного воздуха по условию баланса влаги:

$$G_{ext} = G_{int} \frac{d_{int} - d_p}{d_c - d_{ext}}, \quad (1)$$

где G_{ext} , G_{int} – расход наружного и вентиляционного воздуха, поступающего на чердак, приведенный к 1 м² покрытия, кг/(м²·ч); d_{ext} , d_{int} – влагосодержание наружного и вентиляционного воздуха, г/кг; d_p – расчетное (насыщающее) влагосодержание воздуха.

При этом определяется действительная температура воздуха и чердака:

$$t_v = \frac{R_o^n R_o^{nep} C (G_{int} t_{вент} + G_{ext} t_{ext}) + R_o^{nep} t_{int} + R_o^{nep} t_{ext}}{R_o^n R_o^{nep} C (G_{int} + G_{ext}) + R_o^n + R_o^{nep}}, \quad (2)$$

где R_o^n , R_o^{nep} – сопротивление теплопередаче чердачного покрытия и перекрытия, м²·°C/Вт; C – теплоемкость воздуха; $t_{вент}$ – температура воздуха, поступающего в чердак из вентиляционных каналов, °C; t_{ext} , t_{int} – температура наружного и внутреннего воздуха, °C.

Соответствующая температура внутренней поверхности покрытия:

$$\tau_{II} = \frac{t_v - t_{ext}}{\alpha_{int} R_o^n}, \quad (3)$$

где α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности покрытия, Вт/(м²·°C);

Принимая τ_n за точку росы, расчетное влагосодержание воздуха d_p , при котором происходит выпадение конденсата, можно рассчитать по формуле:

$$d_q = \frac{G_{int} d_{int} + G_{ext} d_{ext}}{G_{int} + G_{ext}}, \quad (4)$$

где d_q должно быть не больше расчетного, в противном случае расчет повторяется до совпадения значений расчетного и действительного влагосодержания. Площадь вентилируемых отверстий на 1 м длины наружных стен:

$$F_o = \frac{B G_{ext}}{3600 \gamma_{int} V_{ext}}, \quad (5)$$

где B – ширина здания, м; V_{ext} – скорость ветра, м/с.

Скорость движения воздуха в отверстии определяется выражением:

$$V_o = V_{ext} \sqrt{(K_{ext} - K_n) / \Sigma \xi}, \quad (6)$$

где K_{ext} , K_n – аэродинамические коэффициенты на наветренной и подветренной сторонах здания; $\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений воздушного потока в отверстии.

В начале расчета предварительно принимается приближительная температура воздуха в чердаке и соответствующее ей расчетное влагосодержание воздуха.

Приведенный расчет не дает возможности достаточно полно учесть воздухораспределение по объему открытого чердака.

В связи с этим ниже представлены методы расчета (воздушного поля) таких чердаков с учетом многомерности воздушных потоков.

Опишем теплоперенос внутри чердака, имеющего входное и выходное наружные отверстия, а также поступление теплого отработанного воздуха из вентиляционной системы. Считая, что все отверстия находятся в плоскости симметрии чердака, сам чердак в продольном сечении имеет прямоугольную форму, течение воздуха внутри чердака имеет в основном стационарный и ламинарный характер при умеренных скоростях. Применим для описания процесса теплопереноса модель плоского течения идеальной несжимаемой жидкости (рис. 3).

Источник и сток воздуха считаем точечным с расходом W_i . При этом $W_i > 0$ для источника, $W_i < 0$ для стока воздуха. Из условия сохранения массы воздуха получаем:

$$\sum_i W_i = 0, \quad (7)$$

Условие непротекания воздуха через стенки принимает вид:

$$dv = I dn = 0. \quad (8)$$

Функция тока $s(x, y)$ удовлетворяет уравнению Лапласа:

$$\Delta s = 0, \quad (9)$$

где $s(x, y) = c$ – линия тока; $v(x, y)$ – скорость, касательная к линии тока.

Уравнение стационарного теплопереноса имеет вид:

$$a \Delta t - (v \cdot \text{grad}) t = 0, \quad (10)$$

где $a \Delta t$ – кондуктивный член; $(v \cdot \text{grad}) t$ – конвективный член.

Так как для воздуха коэффициент температуропроводности $a = \lambda_{cp}$ достаточно мал, кондуктивный член в уравнении (9) можно учитывать только в той области, где $|v| \approx 0$. В остальной области течения можно считать, что теплоперенос имеет в основном конвективный характер, т. е. температура сохраняется вдоль линии тока.

Так как воздух вытекает из двух точечных источников, температура которых считается постоянной, вся область течения разбивается на две подобласти вокруг каждого источника. Температура воздуха, вытекающего из источника, остается почти постоянной во всей подобласти, окружающей данный источник.

Вдоль границы этих двух подобластей имеем скачок температуры, фактически вдоль этой границы возникает пограничный слой поперечного кондуктивного теплопереноса. Толщина этого слоя имеет порядок $a/|v|$.

Рассмотрим чердак с длиной $a_o = 30$ м, высотой $h_o = 2$ м, шириной $b_o = 12$ м. Пусть расход вытекающего воздуха $W_2 = 2000$ м³/ч, температура его $t_2 = 20$ °C. Для холодного поступающего воздуха $W_1 = 500$ м³/ч; $t_1 = -40$ °C.

Тогда для выходящего воздуха:

$$W_3 = -(W_1 + W_2) = -2500 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (11)$$

температура его:

$$t_3 = (t_1 W_1 + t_2 W_2) / (W_1 + W_2) = 8^\circ\text{C}. \quad (12)$$

Берем источники и сток посередине соответствующих сторон прямоугольника, т. е. $a_0 = 0$, высотой $h_1 = h_3 = h_0/2 = 1$ м, $a_2 = a_0/2 = 15$ м, $a_3 = a_2 = 30$ м.

Введем безразмерные переменные:
 $x = h/(2h_0)$, $y = a/(2h_0)$, тогда:

$$f(z) = \sum_i [\eta \beta_i^2 - 1n(\cos 2\pi\beta_i - \cos 2\pi z) + 4 \sum_{m=1}^{\infty} q^{2m} \cos 2m\pi z \cdot \cos 2m\pi\beta_i] / (m(1 - q^{2m})) W_i / (2\pi); \text{ здесь } q = \exp(-\pi\tau), \tau = a_0/(h_0\beta_i) = 0,25;$$

$$\beta_2 = 0,5 + 0,25i\tau; \quad \eta = \Theta'''(0)/\Theta'(0) \cdot 6; \Theta_1 - \text{функция Якоби};$$

$\text{Im}[f(z)] = s(x, y)$ – функция тока. Скорость $v(z) = f'(z)$;

$$f'(z) = \sum_i W_i [\sin 2\pi z / (\cos 2\pi\beta_i - \cos 2\pi z) - 4 \sum_{m=1}^{\infty} q^{2m} \sin 2m\pi z \cos 2m\pi\beta_i] / (1 - q^{2m}).$$

Найдем точку, где $v(z) = 0$. В ней начинается граница раздела двух под-областей. В районе этой точки теплообмен имеет кондуктивный характер: $v(z) = 0$ при $f'(z) = 0$. Так как $\tau = a_0/h_0 = 15$ и $0,25$; $q = \exp(-15\pi) \sim 10^{-20}$, очень мало, то $z = 0,5 + ij$, где

$$y = 0,25\tau - \frac{1}{2\pi} 1n \frac{W_1 + W_2}{W_1} = \frac{a_0}{4h_0} - \frac{1}{2\pi} 1n \frac{W_1 + W_2}{W_1}.$$

Отсюда следует, что точка смещения находится на большей стороне прямоугольника на расстоянии $d = (h_0/\pi) \ln(W_1 + W_2)/W_1 = 1,02$ м от источника теплового воздуха по направлению к источнику холодного воздуха.

Рассчитываем скорость на продольной оси симметрии чердака, то есть при $x = 0,25$. Здесь при $0 \leq y \leq 0,25\tau$:

$$\sum_{m=1}^{\infty} q^{2m} \cos 2m\pi z \cdot \cos 2m\pi\beta_i / (1 - q^{2m}) < 1,1 \sqrt{q} \sim 10^{-10}; \quad (13)$$

$$f'(z) = \sum W_i [\sin 2\pi z / (\cos 2\pi\beta_i - \cos 2\pi z) = \text{ch } 2\pi y (W_1 \text{ch } \frac{\pi\tau}{2} + i W_3 \text{sh } 2\pi y) / [\text{sh } 2\pi y (\text{sh } 2\pi y + i \text{ch } \frac{\pi\tau}{2})] \quad (14)$$

$$|v|^2 = \text{ch}^2 2\pi y (W_1^2 \text{ch}^2 \frac{\pi\tau}{2} + W_3^2 \text{sh}^2 2\pi y) / [\text{sh}^2 2\pi y (\text{sh}^2 2\pi y + \text{ch}^2 \frac{\pi\tau}{2})].$$

В центре, т. е. при $y = 0,25$ и $x = 0,25$:

$$|v(z_y)| = \frac{1}{h_0 b_0} \sqrt{(W_1^2 + W_3^2)} / 8.$$

В нашем примере $|v(z_y)| = 1,04$ см/с,

$|v(z_y)| = [-W_2 + i(2W_1 + W_2)] / (4 h_0 b_0)$, т. е. продольная компонента скорости $(2W_1 + W_2) / (4 h_0 b_0)$ (в примере – 0,87 см/с), поперечная компонента $-W_2 / (4 h_0 b_0)$ (в примере – 0,58 см/с).

При $x = 0,25$ и $0,25\tau < y \leq 0,5\tau$

$$|v|^2 = \text{ch}^2 2\pi y_1 (W_3^2 \text{ch}^2 \frac{\pi\tau}{2} + W_1^2 \text{sh}^2 2\pi y_1) /$$

$$[\text{sh}^2 2\pi y_1 (\text{sh}^2 2\pi y_1 + \text{ch}^2 \frac{\pi\tau}{2})],$$

здесь $y_1 = 0,5\tau - y$.

Рассчитаем скорость на поперечной оси симметрии чердака, т. е. при $y = 0,25\tau$, $0 \leq x \leq 5$:

$$v(x) 2 h_0 b_0 = -W_2 \sin 2\pi x / 2 (1 + \cos 2\pi x) + i (W_1 + W_2 / 2).$$

Отсюда продольная компонента скорости на поперечной оси симметрии равна $[W_1 + W_2/2] / (2 h_0 b_0)$, т.е. постоянная.

Поперечная компонента равна $-W_2 \sin 2\pi x / 4 h_0 b_0 (1 + \cos 2\pi x)$.

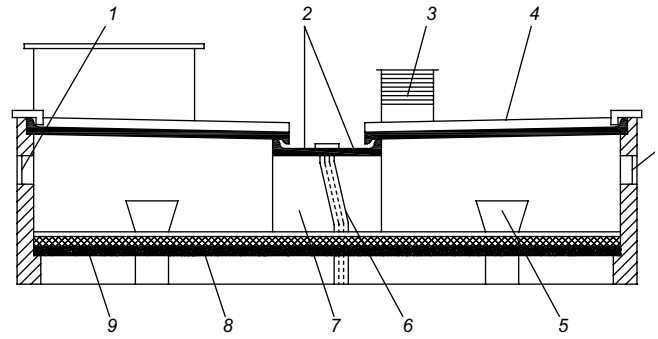


Рис. 2. Кровля с открытым чердаком: 1 – вентилярующее отверстие в стене; 2 – железобетонный водосборный лоток; 3 – вытяжная шахта; 4 – железобетонная кровельная панель с безрулонной кровлей; 5 – оголовок вентиляционного блока; 6 – внутренний водосток; 7 – опорная панель; 8 – слой теплоизоляции с защитным слоем пароизоляции; 9 – панель перекрытия

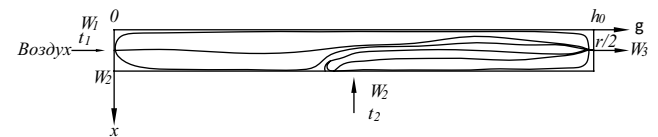


Рис. 3. Расчетная схема открытого чердака

Схема расчета открытого чердака. Исходные данные: длина чердака a_0 (м), высота h_0 (м), глубина b_0 (м); расход вытекающего теплового воздуха W_2 (м³/ч), его температура – t_2 (°C); расход поступающего холодного воздуха – W_1 (м³/ч); его температура t_1 (°C).

1. Расход вытекающего воздуха:

$$W_3 = W_1 + W_2, \quad (15)$$

температура его;

$$t_3 = (t_1 W_1 + t_2 W_2) / (W_1 + W_2). \quad (16)$$

2. Скорость воздуха в точке (а, h) определяется следующим образом:

а) вычисляем $x_1 = 0,5 - h/(2h_0)$ и $y = a/(2h_0)$, $\tau = a_0/h_0$,

$\beta_1 = 0,25$; $\beta_2 = 0,5 + 0,25i\tau$; $\beta_3 = 0,25 + 0,5i\tau$;

если $x_1 > 0,25$, то принимаем $x = 0,5 - x_1$, иначе $-x = x_1$;

б) строим комплексное число $z = x + iy$;

в) если $x_1 \leq 0,25$, то вычисляем;

$$f'(z) = \sin(6,28z) / W_1 / (\cos(6,28\beta_1) - \cos(6,28z)) + W_2 / (\cos(6,28\beta_2) - \cos(6,28z)) - W_3 / (\cos(6,28\beta_3) - \cos(6,28z)) / 3600;$$

если $x_1 > 0,25$, то вычисляем;

$$f'(z) = \sin(6,28z) / W_1 / (\cos(6,28\beta_1) - \cos(6,28z)) + W_2 / (\cos(6,28\beta_2) - \cos(6,28z)) - W_1 / (\cos(6,28\beta_3) - \cos(6,28z)) / 3600;$$

г) компоненты скорости, м/с:

при $x_1 \leq 0,25$

$$v_h = -\text{Re}[f'(z)] / (2h_0 b_0), \quad v_o = -\text{Im}[f'(z)] / (2h_0 b_0),$$

при $x_1 > 0,25$

$$v_h = -\text{Re}[f'(z)] / (2h_0 b_0), \quad v_o = \text{Im}[f'(z)] / (2h_0 b_0).$$

Расчет по приведенной выше методике тепловых воздушных полей и вентиляционных потоков в помещениях чердака позволит дать правильную оценку их распределения в условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Беляев В.С., Граник Ю.Г., Матросов Ю.А. *Энергоэффективность и теплозащита зданий*. М.: АСВ, 2012. 400 с.

References

1. Belyaev V. S., Granik Yu.G., Matrosov Yu.A. *Energoeffektivnost' i teplozashchita zdaniy*. [Energoeffektivnost and heat-shielding of buildings]. М.: ASV, 2012. 400 p.

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



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

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

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



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

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

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

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

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

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

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



ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

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

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

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

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

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

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

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Жилищное строительство», ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

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

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