

Журнал  
Тоннельной ассоциации России

## Председатель редакционной коллегии

С. Г. Елгаев, доктор техн. наук

## Зам. председателя редакционной коллегии

В. М. Абрамсон, канд. экон. наук  
И. Я. Дорман, доктор техн. наук

## Ответственный секретарь

Г. И. Будницкий

## Редакционная коллегия

В. П. Абрамчук  
В. В. Адушкин, академик РАН  
В. Н. Александров  
М. Ю. Беленький  
А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук  
Н. Н. Бычков, доктор техн. наук  
С. А. Жуков  
А. М. Земельман  
Б. А. Картозия, доктор техн. наук  
Е. Н. Курбацкий, доктор техн. наук  
С. В. Мазеин, доктор техн. наук  
И. В. Маковский, канд. техн. наук  
Ю. Н. Малышев, академик РАН  
Н. Н. Мельников, академик РАН  
В. Е. Меркин, доктор техн. наук  
М. М. Рахимов, канд. техн. наук  
Б. И. Федунец, доктор техн. наук  
Т. В. Шепитько, доктор техн. наук  
Е. В. Щекудов, канд. техн. наук  
Ш. К. Эфендиев, председатель  
ТА Азербайджана

## Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172  
факс: (495) 607-3276  
www.rus-tar.ru  
e-mail: info@rus-tar.ru

## Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71  
127521, Москва,  
ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,  
оф. 4206  
e-mail: metrotunnels@gmail.com

## Генеральный директор

О. С. Власов

Журнал зарегистрирован  
Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов  
журнала только с письменного  
разрешения издательства  
© ООО «Метро и тоннели», 2016

## № 3 2016

### В Тоннельной ассоциации России

Будущее за ускорением и автоматизацией движения  
транспорта и развитием транспортной инфраструктуры 2

В. Е. Меркин, Д. С. Конюхов, А. Г. Полянкин

### Щитовая проходка

Проектные решения по минимизации осадки земной  
поверхности грунтопригрузом тоннелепроходческого  
механизированного комплекса 6

С. В. Мазеин, А. Д. Прудников, В. В. Лехт

### Мониторинг

Горно-экологический мониторинг как инструмент  
понимания геомеханических процессов  
при строительстве метрополитена 10

К. П. Безродный, М. О. Лебедев

Рекомендации по минимизации деформаций  
земной поверхности 12

Т. А. Мазаник, М. А. Потапов, Е. В. Потапова

### Нормы проектирования

О совершенствовании нормативной базы  
проектирования сооружений,  
в том числе, метрополитенов 17

И. Я. Дорман

### Пожаробезопасность

История исследования в области  
пожарной безопасности метрополитенов 22

А. Д. Голиков, П. М. Агеев,  
Е. Ю. Черкасов, Я. В. Рощина

Российское законодательство и требования  
по обеспечению огнестойкости тоннельных конструкций 28

С.П. Антонов

### Из истории метростроения

Еще один сюжет про станцию «Маяковская» 33

Е. М. Пашкин

### Тоннельная обделка

Автоматизация производства сварных арматурных  
каркасов для тоннельной обделки 34

А. Г. Михайлов

### О тоннелях и тоннельщиках

Светлой памяти Сергея Николаевича Власова  
(к 90-летию со дня рождения) 36

# СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Готтардский базисный  
тоннель, 2016 г.  
(с. 2)

# БУДУЩЕЕ ЗА УСКОРЕНИЕМ И АВТОМАТИЗАЦИЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА И РАЗВИТИЕМ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (ПО ИТОГАМ РАБОТЫ ТОННЕЛЬНОГО КОНГРЕССА – 2016 В ШВЕЙЦАРИИ)

В. Е. Меркин, Д. С. Конюхов, А. Г. Полянкин, НИЦ по освоению подземного пространства АО «Мосинжпроект»



В июне 2016 г. в Центре культуры и конгрессов г. Люцерн (Швейцария) состоялся ежегодный Тоннельный конгресс, организуемый Швейцарской тоннельной ассоциацией (STS). В его работе приняли участие специалисты из 18 стран мира, в том числе из России от Исполнительной дирекции Тоннельной ассоциации России, АО «Мосинжпроект» и АО «Мосметрострой».

Представленные на конгрессе доклады, начиная с приветственного слова президента STS г-на Луци Грубера (Luzi R. Gruber), были посвящены строительству подземных объектов (транспортных и гидротехнических тоннелей) в грунтах различной степени сложности.

Особый интерес вызвала информация об окончании строительства основного базисного тоннеля Готтард под Сент-Готтардским перевалом общей протяженностью 157 км, включающего притоннельные сооружения, обустроенные современными системами вентиляции и противопожарной защиты, обеспечивающими движение поездов по двум параллельно расположенным тоннелям длиной по 57 км каждый.

Строительство тоннелей осуществлялось одновременно на семи участках с порта-

лов, промежуточных забоев, а также наклонных шахт длиной до 2,7 км, через которые обеспечивалась доставка рабочей силы, подача материалов, машин и оборудования. Строительство велось в сложных инженерно-геологических условиях, представленных неоднородными горными породами от гранита до водонасыщенных трещиноватых известняков при высоком гидростатическом давлении. Для снижения геотехнических рисков был выполнен значительный объем инженерно-геологических исследований, по результатам которых определены наиболее рациональные для разных участков трассы технологии и оборудование, как с применением тоннелепроходческих комплексов (ТПМК), так и горным способом. Всего было задействовано четыре ТПМК диаметром 9,5 м и длиной

450 м, оборудованных автоматизированными установками для крепления выработок набрызг-бетоном.

При горном способе проходки тоннеля применялся как взрывной, так и механический метод разрушения горной породы с обеспечением в полном объеме предусмотренных проектом технологии и мер безопасности: набрызг-бетон, анкерное крепление, монтаж армирующих матов и т. д.

В связи с тем, что эксплуатация тоннелей предусматривает пропуск поездов со скоростью до 250 км/ч, особые требования предъявлялись к геодезическому сопровождению процесса строительства. С этой целью использовался комплекс геодезических инструментов, в том числе инфракрасный автоматизированный тахеометрический комплекс и лазерное сканирование, обеспечи-

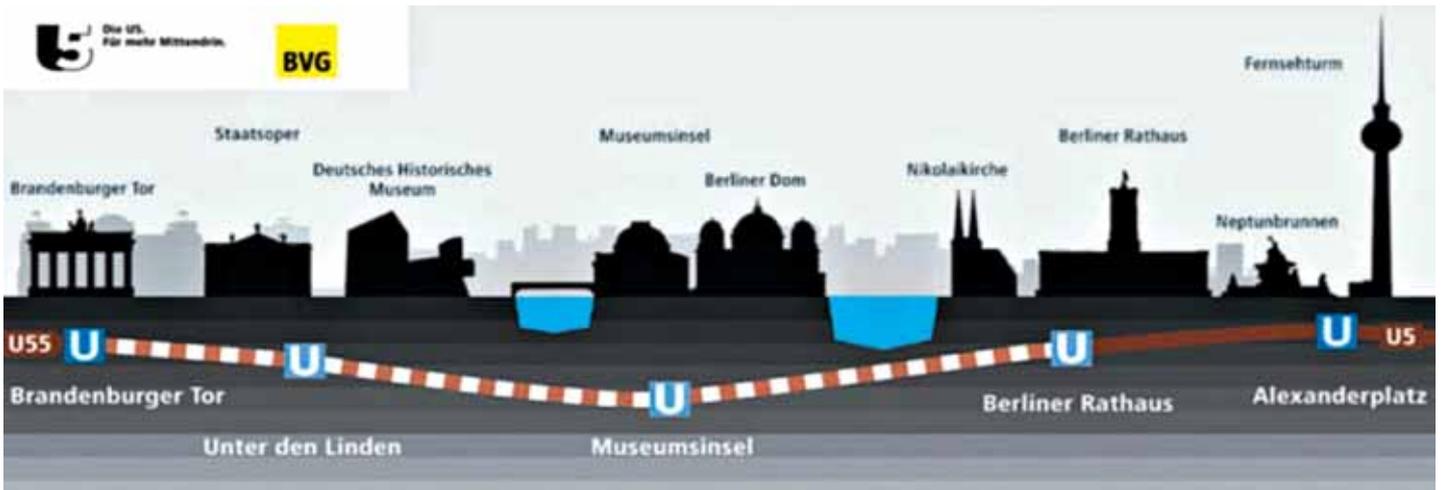
вающее точное измерение геометрии тоннеля, его фотофиксацию и объёмную интерпретацию. Этот же сканер применялся для сканирования внутренней поверхности тоннеля при сдаче его в эксплуатацию для фиксации трещин, каверн, протечек и других дефектов с целью их своевременного устранения и дальнейшего мониторинга в процессе эксплуатации.

Размещённые в притоннельных сооружениях инженерные системы включают системы вентиляции, климатизации, электроснабжения, противопожарной защиты, водо- и канализационные системы, работающие в автоматическом режиме. Управление всеми инженерными системами, а также контроль движения поездов осуществляется из центральной диспетчерской, расположенной в 6-этажном здании, со стороны северного портала.

Сдача тоннеля произошла 1 июня 2016 г. Получение разрешения на начало операционной деятельности Федеральным Правительством Швейцарии запланировано на конец 2016 г. Этому будет предшествовать тестирование конструкций и оборуду-



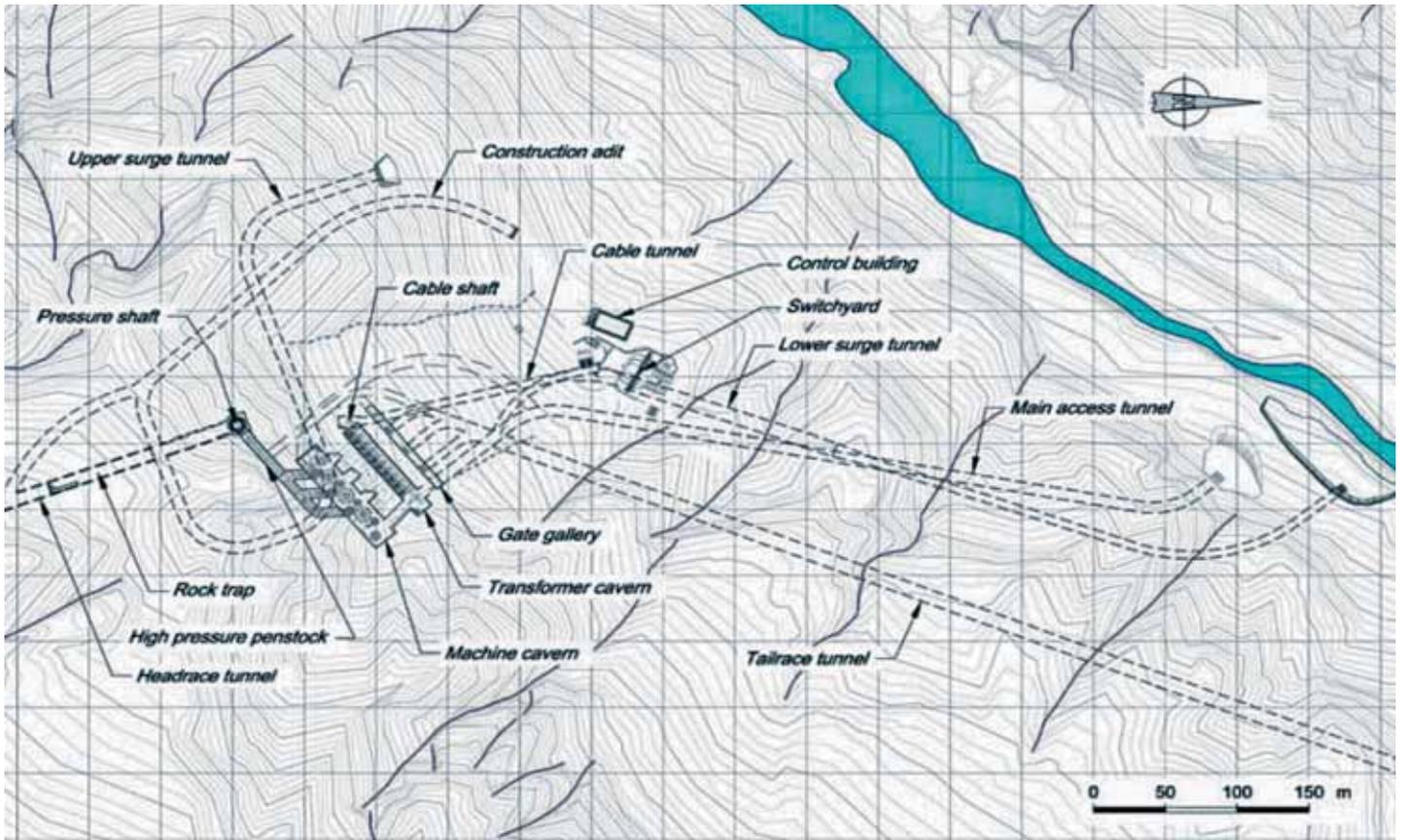
Окончание проходки Готтардского базисного тоннеля



Разрез по трассе строящейся линии U-Bahn U5 в Берлине

**Список докладов конференции**

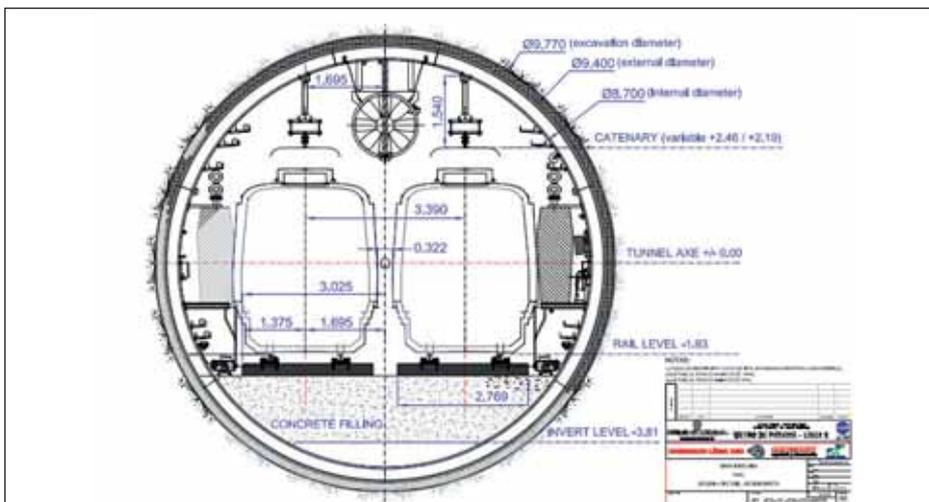
1. Гран Пари Экспресс – 200 км автоматизированного метрополитена для развития транспортной системы в Парижском регионе. Ф. Ивин (P. Yvin).
2. Сооружение новой линии U-Bahn U5 в Берлине /рубрика «Анализ ошибок»/ П. Гоппе (P. Hoppe) и К. Шпат (C. Späth).
3. Проектирование и строительство 12 км гидротехнических тоннелей и тоннелей для прокладки коммуникаций. С. Сайя (S. Sayah), М. Туринг (M. Thüring), М. Брагини (M. Braghini), Р. Бремен (R. Bremen).
4. Высокоскоростная магистраль Милан – Генуя. Э. Пагани (E. Pagani) и Г. Кассани (G.Cassani).
5. Цепь тоннелей Сан–Канциан. Проектирование и применение специальных способов работ при проходке в илистых озерных глинах. Х. Вагнер (H. Wagner), Р. Хайсенбергер (R. Heissenberger), Дж. Койниг (J. Koinig).
6. Первая линия метрополитена в г. Панама. Г. Д. Алдайя (G. D. Aldaya) и М. К. Мартин (M. C. Martin).
7. Тоннель Растатт. Ключевой по многим позициям проект. Х. Эрбара (H. Ehrbar), Т. Грундхофф (T. Grundhoff), С. Б. Клар (S. B. Klar).
8. Вест Линк. Препятствия под землей и над землей. Бо Ларсон (Bo Larsson) и др.
9. Глубинное подземное хранилище радиоактивных отходов в Швейцарии. Томас Фрайс (T. Fries).
10. Внедрение многофункциональных ТПМК для сложных инженерно–геологических условий. К. Бопплер (K. Bärpler) и В. Бургер (W. Burger).
11. Тоннель Висп (Visp) – три выработки, три вызова. К. Циммерман (C. Zimmermann).
12. Приемка самого длинного в мире железнодорожного тоннеля – концепция и вызовы Готтардского базисного тоннеля. Р. Симони (R. Simoni).
13. Тоннель Евразия (EURASIA Tunnel) в Стамбуле. Ончи Гоненч.



План сооружений подземной гидроэлектростанции Cerro del Aquila в Перу



План (вверху) и разрез (внизу) двухпутного тоннеля первой линии метрополитена в г. Панама



дования, пропуск пробных поездов и обучение персонала.

В докладе Ф. Ивина (P. Yvin) были изложены планы развития транспортной системы в Парижском регионе – Гран Пари Экспресс. В период с 2016 до 2030 г. будет построено 200 км автоматизированного метрополитена в том числе 68 станций. Метрополитен будет выполнен практически полностью в подземном исполнении.

Вопросом геотехники уделили внимание в своих докладах:

• П. Гоппе (P. Hoppe) и К. Шпат (C. Späth) из Швейцарии, изложившие анализ ошибок при сооружении новой линии U-Bahn U5 в Берлине. Проектом предусматривалось строительство тоннелей диаметром 5,7 м

под р. Шпрея длиной 2,2 км с обделкой из железобетонных блоков толщиной 35 см и трех станций. В зону влияния строительства двух параллельных тоннелей, притоннельных сооружений и станций попадали многочисленные памятники архитектуры и государственные учреждения. Кроме того, трассы строящихся тоннелей пересекались с трассами действующих линий метрополитена. При этом строительство велось в условиях водонасыщенных песков при высоком уровне грунтовых вод. Для защиты зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строительства объектов метрополитена, применялся комплекс мероприятий по закреплению и стабилизации водонасыщенных песков: устройство армированной и неармированной «стены в грунте», разгружающие экраны из грунтоцементных свай, искусственное замораживание грунта;

• С. Сайя (S. Sayah), М. Туринг (M. Thüring), М. Брагини (M. Braghini), Р. Бремен (R. Bremen), выступившие с анализом опыта проектирования и строительства 12 км гидротехнических тоннелей и тоннелей для прокладки коммуникаций при строительстве гидроэлектростанции мощностью 520 МВт в Перу. Объект будет сдан в июле 2016 г. Наиболее ответственными сооружениями в составе комплекса являются дамба высотой 90 м из трамбованного бетона, а также две камерные выработки для размещения машинного зала и трансформаторной. Проходка выработок осуществлялась с помощью буровзрывных работ.

В докладе Э. Пагани (E. Pagani) и Г. Кассани (G. Cassani) из Италии обсуждались вопросы строительства высокоскоростной магистрали Милан – Генуя, представляющиеся весьма актуальными в связи с проектированием и скорым началом строительства высокоскоростной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург.

В докладе Х. Вагнера (H. Wagner), Р. Хайсенбергерера (R. Heissenberger) и Дж. Койнига (J. Koinig) подробно рассматривались вопросы проектирования и применения специальных способов работ при проходке в илистых озерных грунтах цепи тоннелей Сан-Канциан.

Г. Д. Алдаия (G. D. Aldaya) и М. К. Мартин (M. C. Martin) доложили об особенностях проектирования и строительства первой линии метрополитена в г. Панама.

В докладе Х. Эрбара (H. Ehrbar), Т. Грундхоффа (T. Grundhoff) и С. Б. Клар (S. B. Klar) освещалось начало строительства тоннеля Растанг длиной 4,27 км. Его проходка началась в мае 2016 г. Проект считается ключевым в Европейском железнодорожном коридоре А. В трех зонах, для стабилизации на время проходки, предусмотрено замораживание грунтов. Проектирование тоннеля велось по технологии BIM.

В докладе Бо Ларсона (Bo Larsson) и др. был описан опыт проектирования тоннеля Вест Линк – железнодорожного тоннеля под центральной частью Гетеборга. Целью строительства тоннеля является сокращение времени пути и улучшения транспорт-



**Устройство гидроизоляции строящегося тоннеля Висп (Visp)**



**Проходка зоны разлома в тоннеле Висп (Visp) с креплением лба забоя фиброглассовыми анкерами**

ной доступности отдельных районов, что будет способствовать развитию региона. Важной задачей при строительстве является обеспечение безопасности окружающей застройки.

Томас Фрайс (T. Fries) сделал доклад о строительстве глубинного подземного хранилища радиоактивных отходов в Швейцарии.

Представители фирмы «Херренкнехт» К. Бопплер (K. Bärppler) и В. Бургер (W. Burger) рассказали об опыте внедрения многофункциональных ТПМК для сложных инженерно-геологических условий.

Кристиан Циммерман (C. Zimmermann) сделал доклад об особенностях строительства тоннеля Висп (Visp). В процессе строи-

тельства возникла аварийная ситуация на пересечении трассой тоннеля зоны разлома.

Приемке самого длинного в мире железнодорожного тоннеля – Готтардского – был посвящен доклад Р. Симони (R. Simoni).

О тоннеле Евразия (Eurasia Tunnel) в Стамбуле доложил Ончи Гоненч.

На второй день Тоннельного конгресса состоялась техническая экскурсия. Делегация Тоннельной ассоциации России посетила строящийся автодорожный тоннель Висп (Visp) и ознакомилась с ходом работ, применяемыми технологическими решениями по строительству и ликвидации аварийной ситуации, а также приняла активное участие во встрече с руководством строительства.



# ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО МИНИМИЗАЦИИ ОСАДКИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГРУНТОПРИГРУЗОМ ТОННЕЛЕ- ПРОХОДЧЕСКОГО МЕХАНИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

## PLANNING SOLUTIONS FOR SURFACE SETTLEMENT MINIMIZE USING EARTH PRESSURE BALANCE SHIELD

С. В. Мазеин, д. т. н., Тоннельная ассоциация России

А. Д. Прудников, ООО «ПБ ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ»

В. В. Лехт, АО «Метрогипротранс»

S. V. Mazein, Dr. of technical sciences, Russian Tunneling Association

A. D. Prudnikov, LLS «PB PODZEMNYE SOORUZHENIYA»

V. V. Lekht, JSC «Metrogiprotrans»

Применяя щиты с использованием гидропригруза, можно добиться максимального уменьшения осадки земной поверхности.

Предлагаются мероприятия, связанные с конструкционными и проектными решениями по работе щитового комплекса с грунтопригрузом.

Приводятся рекомендации по планированию замен режущего инструмента, а также по другим проектным решениям с целью минимизации осадки над щитом.

*To minimize the settlement of a terrestrial surface applied mix-shields.*

*Proposed activities related to equipment design and planning of EPB-shield.*

*Describes the planning recommendations for cutting tool replacements and other design decisions with the purpose of surface settlement minimization over the shield.*



### Введение

В литературе, освещающей результаты влияния щитовой проходки тоннелепроходческими механизированными комплексами (ТПМК) с гидро- и грунтопригрузом, чаще приводятся свидетельства о более эф-

фективной работе технологии гидропригруза, чем грунтопригруза, особенно в водонасыщенных грунтах [1, 2]. Поддерживаемое постоянным давлением несжимаемой суспензионной среды гидропригруза создает идеальные условия для противодей-

ствия давлению и экструзии неустойчивого грунтового массива в забойную камеру щита, а также для полного нагнетания раствора за тоннельную обделку [3, 4]. Пригруз пластифицированным грунтом гораздо сложнее обеспечивает поддержание обна-

Таблица 1

Мероприятия по минимизации осадки над тоннелем при проходке щитом с грунтопригрузом

	Выбор конструкции щита	Выбор проектных решений тоннеля
1.	Уменьшение разности диаметров резания и щита (укороченные ковши/шарошки и их качество, буртики на своде внешней оболочки щита), дистанционный контроль износа резцов	Предварительный график замены режущего инструмента по трассе тоннеля
2.	Датчики давления среды пригруза, рассредоточенные по высоте забоя	Максимальная глубина заложения свода тоннеля с учетом сопротивлений продвижению щита и давления пригруза
3.	Оборудование для закачки бентонита или сжатого воздуха в забойную камеру	Включение процедуры замещения грунта бентонитом или сжатым воздухом, а также порядка проведения кессонных работ в технологический регламент проходки
4.	Шлюз и оборудование для кессонных работ	Определение участков трассы с устойчивыми и неустойчивыми грунтами для остановок щита на кессонные работы
5.	Штатные уплотнения привода ротора и хвостовика щита	Включение в затраты на санацию и комплектацию ТПМК восстановление штатных уплотнений щита (рабочих и аварийных), а также закупки штатных уплотнителей
6.	Шнековый транспортер с выпускной задвижкой, без центрального вала (для больших кусков грунта) и с минимумом зазора между ребордой и внутренней поверхностью трубы, оснащение датчиками давления и подачи кондиционеров	Включение в затраты на санацию ТПМК: - восстановление реборды шнека, герметичности выпускной задвижки, - установки датчиков давления в передней и задней части шнека, - установки форсунок подачи добавок-кондиционеров в шнек
7.	Оборудование для варьируемой одновременной подачи двух видов кондиционеров грунта	Включение в затраты: - закупок добавок-кондиционеров для разных типов грунта соответственно грунтам проходки, - оснащения дополнительной линией подачи добавок
8.	Оборудование непрерывного нагнетания за обделку (каналы в хвостовике щита)	Выбор состава раствора для нагнетания за обделку, не схватывающегося в каналах нагнетания; проектирование преимущественно положительных уклонов тоннеля при проходке (на подъем)

жения забойной части массива при проходке, а тем более при плановой и внеплановой остановке щита.

Для того чтобы минимизировать и приблизить показатели по осадке над тоннелем, приходим щитом с грунтопригрузом забоя, к соответствующим показателям щита с гидропригрузом, необходимо не только подобрать оптимальное оборудование щита (см. публикацию [4]), но и выполнить ряд мероприятий на стадии проектирования тоннеля. Рассмотрим восемь основных предлагаемых направлений таких мероприятий, которые связаны как с конструктивными решениями щита, так и с соответствующими проектными технологическими решениями (табл. 1).

Как отмечено ранее [4], направления совершенствования конструкции ТПМК и связанных с ней проектных решений, рассматриваемых ниже, касаются:

- 1) уменьшения разности диаметров резания и щита;
- 2) контроля давления пригруза;
- 3) замещения сред пригруза;
- 4) кессонного оборудования;
- 5) надежности штатных уплотнений щита;
- 6) герметичности и пропускной способности шнека;
- 7) вариативности добавок-кондиционеров по их типу и контролируемому расходу;
- 8) непрерывности нагнетания раствора за обделку.

В соответствии с требованиями в проектно-сметной документации необходимо предусмотреть геотехнический мониторинг и научное сопровождение на период

проходки и на начальном этапе эксплуатации тоннелей.

В процессе геотехнического мониторинга при выявлении отклонений значений контролируемых параметров осадок поверхности от ожидаемых величин, необходимо разработать комплекс мероприятий, обеспечивающий безопасность строительства и эксплуатационную надежность.

### Планирование замены режущего инструмента

Износ периферийного режущего инструмента приводит к уменьшению разности диаметра резания и внешнего диаметра щита, то есть верхнего зазора между щитом и грунтом, что уменьшает осадку земной поверхности. Однако в результате остановки щита из-за выхода режущего инструмента из строя осадка земной поверхности может многократно возрасти, поскольку при остановке часто возникает экструзия неустойчивого грунтового массива в забойную камеру щита.

Исходя из данных по абразивности грунтов, необходимо составить график замены режущего инструмента по трассе тоннеля на участках устойчивых или закрепленных грунтов. Основой оценки степени абразивности грунтов, влияющей на протяженность пространственных интервалов между остановками ТПМК на обслуживание резцов, должны служить статистические данные о количестве замен режущего инструмента в расчете на 1 тыс. м<sup>3</sup> извлеченного грунта.

Например, зарубежные данные по проходке в гранитах показывают, что на 10 тыс. м<sup>3</sup> данной извлеченной породы (V класс –

выше средней абразивности) приходилось 39 замен шарошек, т. е. 1 замена приходилась на каждые 3,6 п. м проходки ТПМК диаметром от 8,83 до 9,58 м [5].

Свежая публикация по замене шарошек на ЕРВ-щите диаметром 8,4 м в Сингапуре показывает замену 146 шарошек на протяжении 625 м при проходке в валунно-галечниковых грунтах из высокоабразивного кварцевого песчаника, то есть 4,6 шарошки на 1 тыс. м<sup>3</sup> породы [6]. Такой показатель износа шарошек задает тренд «класс абразивности» – «износ шарошек».

При составлении графика замены режущего инструмента следует учитывать показатель абразивности пород, определяемый дополнительными исследованиями и классифицированный в разработках ИГД им. Скопинского [7].

Основные грунты в геологических условиях Москвы характеризуются широким диапазоном классов абразивности: весьма малоабразивные (известняки, глины и суглинки), малоабразивные (твердые суглинки, глины и мергели), ниже средней абразивности (тонкозернистые пески, песчаники), средней абразивности (кварцевые песчаники и окварцованные известняки) и выше средней абразивности (кварцевые песчаники и граниты в валунах).

Наиболее часто встречаются первые три класса абразивности, однако перед вероятной встречей линз окварцованных известняков и гранитных валунов проектом необходимо предусмотреть обязательную замену изношенного режущего инструмента щита.

Таблица 2

Классификация горных пород по шкале абразивности, разработанной в ИГД им. А. А. Скочинского

Класс абразивности	Наименование класса	Показатель абразивности $K_{аб}$ , мг	Характерные породы в России	Характерные породы Московского региона
I	Весьма малоабразивные	5	Известняки, мраморы, каменные соли	Мягкие известняки, глины и суглинки
II	Малоабразивные	5–10	Мягкие (глинистые, углистые, хлоритовые) сланцы	Твердые суглинки и глины, мергели
III	Ниже средней абразивности	10–18	Магматические тонкозернистые породы, песчаники кварцевые и аркозовые	Тонкозернистые пески, песчаники
IV	Средней абразивности	18–30	Песчаники кварцевые и аркозовые, окварцованные известняки	Кварцевые песчаники и окварцованные известняки
V	Выше средней абразивности	30–45	Песчаники кварцевые и аркозовые, граниты	Кварцевые песчаники и граниты в валунах
VI	Повышенной абразивности	45–65	Сланцы кварцевые и окварцованные	
VII	Высокоабразивные	65–80	Порфириды, диориты, граниты	
VIII	Высшей степени абразивности	91	Корундосодержащие породы	

Лучшим проектным решением в этом случае является изменение намеченной трассы тоннеля с отводом ее от разведанных скоплений абразивных пород, что, к примеру, было сделано авторами [8] после детального анализа инженерно-геологических условий при выборе профиля перегонного тоннеля.

### Выбор заглубления тоннеля и давления пригруза

Для минимизации влияния щитовой проходки на земную поверхность необходимо предусмотреть максимально возможную глубину заложения свода тоннеля. На такое решение по заглублению трассы тоннеля указывают соответствующие как теоретические, так и статистические зависимости (линейные и полиномиальные), полученные при проходке большими щитами (рис. 1). Однако величина глубины заложения тоннеля должна ограничиваться расчетами сопротивлений продвижению щита и давления пригруза [8, 9] во избежание застопоривания щита, поскольку застопоривание неизбежно приводит к дополнительным осадкам дневной поверхности.

### Регламентирование кессонных работ

В технологическом регламенте щитовой проходки должны содержаться как порядок проведения работ по замещению грунта в забойной камере бентонитовой суспензией и/или сжатым воздухом с требуемым давлением, так и порядок проведения кессонных работ с жесткими сроками выполнения регламентных операций.

Это требование проекта организации строительства направлено на поддержание стабильного состояния грунтов в забое ТПМК без обрушения грунтового массива во время остановок щита.

Проектной документацией должны быть определены по трассе тоннеля зоны устойчивых грунтов, а также, при необходимости, участки упрочнения грунтового массива для возможных безопасных остановок щита на

кессонные работы по ремонту или замене режущего инструмента.

Места остановок щита на плановые работы по обслуживанию режущего инструмента в зонах неустойчивых грунтов целесообразно приурочить к участкам предварительного закрепления грунтового массива или строительных котлованов в рамках проекта строительства притоннельных сооружений.

### Комплектование щита штатными уплотнениями

При комплектовании щита для проходки необходимо предусмотреть установку только штатных уплотнений щита от проникновения грунта в рабочее пространство, причем рабочие уплотнения должны дублироваться уплотнениями, включающимися в работу при аварийных случаях угрозы повышенной осадки поверхности земли.

Кроме того, уплотнительные смазки и мастики, нагнетаемые между рядами уплотнений, должны приобретаться тех типов и систем, которые рекомендованы заводом-изготовителем ТПМК.

В сметную стоимость восстановления (санации) щита перед проходкой необходимо включить: восстановление изношенной реборды шнекового транспортера навариванием твердосплавных надставок, ремонт герметичной выпускной задвижки шнека, установку датчиков давления и форсунок подачи добавок – кондиционеров грунта в шнековый транспортер.

### Проектирование растворов кондиционирования и тампонажа

В затраты на комплектование щита расходными материалами необходимо включить закупки добавок кондиционеров (модификаторов) для разных типов встречающихся грунтов при проходке тоннеля с желательным обустройством двух линий подачи добавок в забойную камеру ТПМК.

Типы грунтов с диаметрально противоположными свойствами (например, твердые сухие глины и текучие обводненные

пески), которые можно улучшать только разными добавками-модификаторами, должны быть отмечены на геологическом разрезе и выделены в Технологическом регламенте проходки.

Для предотвращения осадков дневной поверхности при проходке, сохранности, долговечности и повышения водонепроницаемости обделки на период эксплуатации тоннеля, обеспечения геометрической неизменяемости обделки и совместной работы обделки с окружающим грунтом, необходимо производить нагнетание тампонажного раствора в строительный зазор между грунтом и обделкой тоннеля.

Нагнетание за обделку рекомендуется выполнять с использованием цементно-песчаных растворов с минеральными добавками (золы-уноса по ГОСТ 25818, бентонитовыми глинопорошками по ТУ 39-0147001-105-93 [10] и ТУ 5751-001-41219638-2010 и т. п.) и химическими добавками по ГОСТ 24211, улучшающими технологические параметры раствора и физико-механические характеристики тампонажного камня. Возможно также применение готовых сухих смесей основных компонентов раствора, характеристики которых соответствуют требуемым.

Тампонажные растворы должны готовиться с использованием в качестве вяжущего портландцемента (или других видов цемента при соответствующем обосновании) и многокомпонентного вяжущего, содержащего, кроме цемента, золу-унос сухого отбора, бентонитовые глинопорошки, другие минеральные добавки, а в качестве заполнителя – средне и мелкозернистый кварцевый песок по ГОСТ 8736, известняк по ГОСТ 8736 и др.

При проектировании состава и узлов подачи твердеющего раствора преимуществом перед двухкомпонентным раствором с наполнителем и отвердителем обладает многокомпонентный раствор на основе вяжущего с низкой активностью, не схватывающегося во время транспортирования и нагнетания.

Наиболее полному объему нагнетания из-за сил гравитации способствует движение щита на подъем, то есть минимизация осадки будет обеспечена участках проходки тоннеля при помощи щита по преимущественно положительным уклонам тоннеля (вверх).

На такое проектное решение по уклонам трассы тоннеля, по которым будет двигаться щит, указывают соответствующие как теоретические, так и статистические зависимости (линейные и полиномиальные), полученные при проходке щитами большого диаметра (рис. 2).

### Выводы

1. В соответствии с требованиями [11] в проектно-сметной документации необходимо предусмотреть геотехнический мониторинг и научное сопровождение на период проходки и на начальном этапе эксплуатации тоннелей.

2. В процессе геотехнического мониторинга при выявлении отклонений значений контролируемых параметров осадок поверхности от ожидаемых величин, необходимо разработать комплекс мероприятий, обеспечивающий безопасность строительства и эксплуатационную надежность.

3. Предложенные проектные решения, тесно связанные с соответствующим выбором модификаций узлов щитового оборудования и подбором составов расходных материалов, позволят существенно снизить осадки земной поверхности над тоннелями при проходке EPB-щитами.

### Ключевые слова

Щит, режущий инструмент, давление пригруза, бентонит, уплотнение, шнековый транспортер, нагнетание.

*Shield, cutting tools, balance pressure, bentonite, seal, screw conveyor, injection.*

### Список литературы

- Мазеин С. В., Потатов М. А. Анализ параметров современных щитов с разным типом пригруза, применяемых в метростроении с минимальными осадками городской поверхности // Тр. 4-й Межд. науч.-техн. конф. «Основные направления развития инновационных технологий при строительстве тоннелей и освоении подземного пространства крупных мегаполисов». – М. – 2010. – С. 128–130.
- Соломатин Ю. Е., Потатов М. А., Мазеин С. В. Активный пригруз забоя при щитовой проходке как фактор обеспечения сохранности существующей застройки мегаполиса // Транспортное строительство. – 2013. – № 5. – С. 7–10.
- Мазеин С. В. Контроль инъекционного давления твердеющего раствора за обделкой тоннеля и проходческим щитом // Горное оборудование и электромеханика. – М. – 2009. – № 11. – С. 41–45.
- Федунец Б. И., Мазеин С. В. Оснащение щита для минимизации осадки земной поверх-

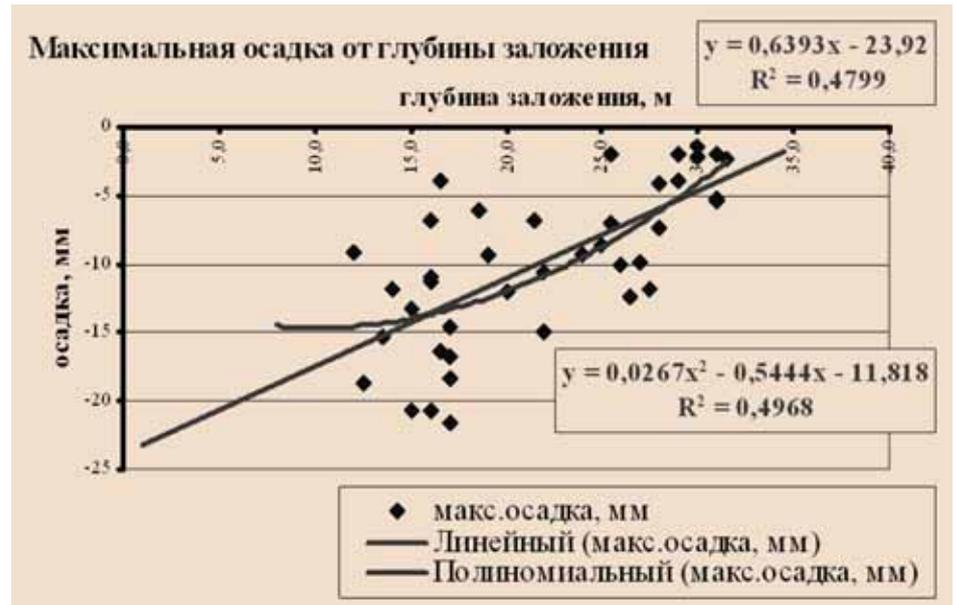


Рис. 1. Зависимости осадки в центре мульды от глубины заложения свода тоннеля диаметром 14,2 м

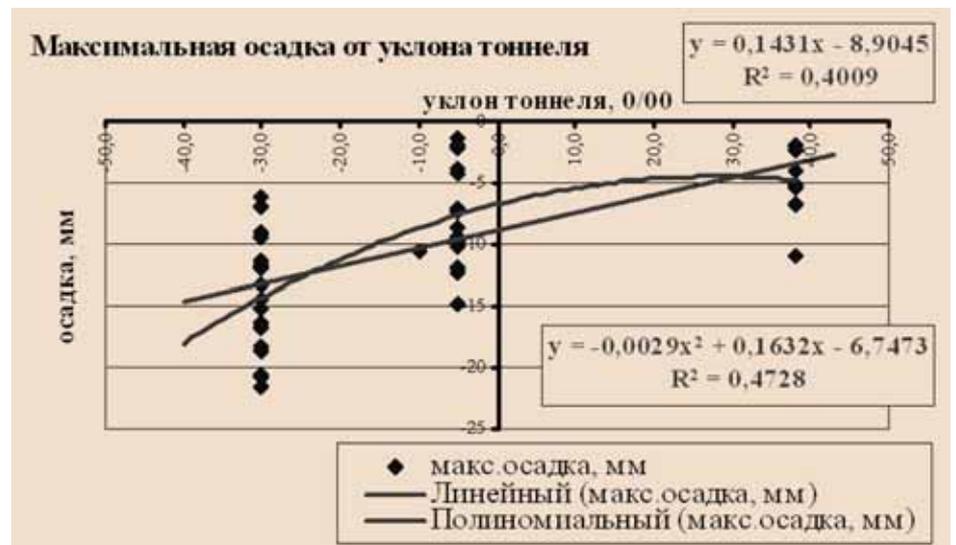


Рис. 2. Зависимости осадки в центре мульды от уклона тоннеля диаметром 14,2 м

ности грунтпригрузом тоннелепроходческого механизированного комплекса // Метро и тоннели. – 2016. – № 2. – С. 4–6.

5. Тоннелестроение с Herrenknecht. Железные дороги. Передовые технологии для комфорта и безопасности в пути / Рекламный проспект «Херренкнехт». – 2014.

6. Kim UY. EPBM design and operation in boulder conditions // 6th International Symposium on Tunnels and Underground Structures in SEE 2016 «Urban Underground Structures in Karst». – Radisson Blu Resort, Split, Croatia. March 16–18, 2016. – P. 114–121.

7. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Физика горных пород» / Винников В. А., Давиденко Б. Ю., Каркашадзе Г. Г. // Под ред. Янченко Г. А. – М.: МГИ, 1990, 119 с.

8. Мазеин С. В., Лехт В. В., Прудников А. Д. Анализ инженерно-геологических условий при выборе профиля перегонного тоннеля для повышения безопасности и технико-экономических характеристик строительства // Метро и тоннели. – 2015. – № 6. – С. 22–26.

9. Мазеин С. В. Обоснование расчетных сопротивлений трения грунта и тоннельной обделки продвижению щитовой машины // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – № 11. – С. 2–8.

10. Рекомендации по определению допустимости дополнительных деформаций городских подземных инженерных коммуникаций, находящихся в зоне влияния строительства (реконструкции) подземных и заглубленных объектов. НИИОСП. Для ГУП «МОСИНЖПРОЕКТ». – М. – 2009.

11. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений (Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*).

### Для связи с авторами

Мазеин Сергей Валерьевич  
mazein@rus-tar.ru  
Прудников Андрей Дмитриевич  
d080808@ya.ru  
Лехт Владимир Валерьевич  
lekhtpost@mail.ru

# ГОРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОНИМАНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА

## MINING AND ENVIRONMENTAL MONITORING AS A TOOL FOR UNDERSTANDING THE GEOMECHANICAL PROCESSES DURING THE CONSTRUCTION OF SUBWAY

К. П. Безродный, д. т. н., ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

М. О. Лебедев, к. т. н., ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

K. P. Bezrodny, Doctor of technical sciences, NIPII Lenmetrogiprotrans JSC

M. O. Lebedev, Candidate of technical sciences, NIPII Lenmetrogiprotrans JSC

**Представлены результаты натурных исследований напряженно-деформированного состояния обделки наклонного тоннеля в неустойчивых грунтах.**

*The results of field investigations of stress-strain state of the lining of the inclined tunnel in unstable soils are presented in the article.*

**В**недрение современных методов строительства подземных сооружений, особенно в сложных инженерно-геологических условиях, невозможно без научно-технического сопровождения для получения ответа на вопросы, связанные с оценкой принятой технологии строительства на состояние системы «обделка – грунтовой массив». Одной из задач исследований является определение напряженно-деформированного состояния обделки тоннелей.

В 2009–2012 гг. выполнена проходка трех эскалаторных тоннелей (на станции «Обводный канал», «Адмиралтейская» и «Спасская») Санкт-Петербургского метрополитена диаметром 10,4 м при помощи ТПМК (тоннелепроходческого механизированного комплекса) с грунтовым пригрузом забоя. Это было первым мировым опытом строительства наклонного тоннеля при помощи ТПМК. Основной задачей данной технологии было минимизировать деформации дневной поверхности при строительстве в условиях городской застройки - историческом центре города.

90 % трассы тоннелей расположено в четвертичных отложениях. Геологический разрез представлен насыщенными грунтами, озерно-моренными водоносными песками крупными и пылеватыми, супесями текучей консистенции и текучепластичными суглинками, озерно-ледниковыми текучими ленточными глинами, слоистыми суглинками мягкопластичной консистенции и супесями пластичными с включениями гравия, гальки и валунов. Ниже залегают суглинки лужской морены с включениями гравия и гальки до 5–20 % и отдельными валунами, тугопластичной консистенции, с линзами супесей текучей консистенции. Далее прослеживаются межморенные ленточные и слоистые

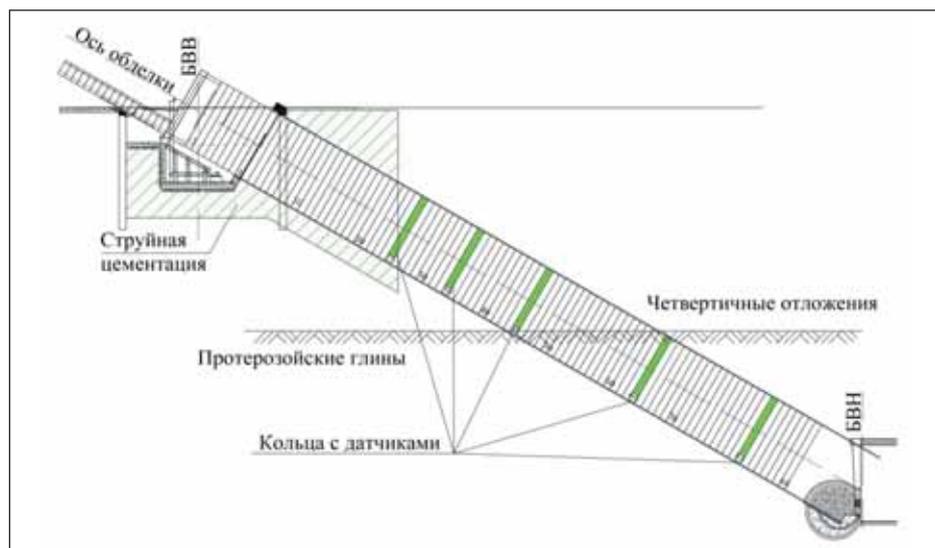


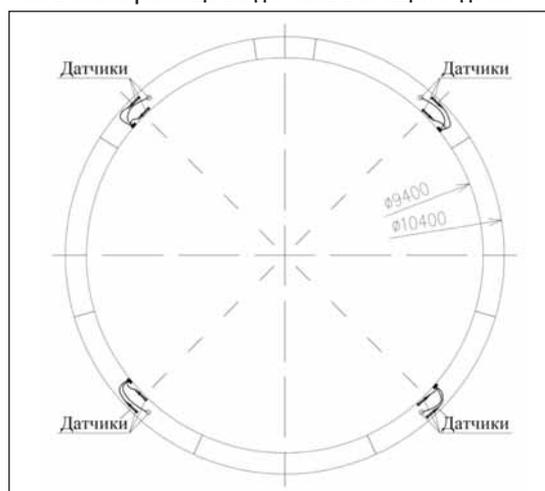
Рис. 1. Размещение колец, оснащенных датчиками по длине тоннеля

суглинки тугопластичной консистенции. Моренные и межморенные суглинки характеризуются как сравнительно слабые, неустойчивые грунты. Все четвертичные отложения водонасыщены. Ниже залегают котлинские глины аргиллитоподобные тонкослоистые практически сухие с прослоями песчаника  $\approx 1,5\text{--}5$  см.

Крепление тоннеля выполнено блочной железобетонной обделкой из водонепроницаемого бетона с резиновым уплотнением стыков. Блоки обделки изготовлены из бетона класса В45. Прочность такого бетона на сжатие составляет 58,9 МПа.

Кольцевое пространство за бетонными блоками вслед за проходкой за-

Рис. 2. Схема размещения датчиков в кольцах обделки



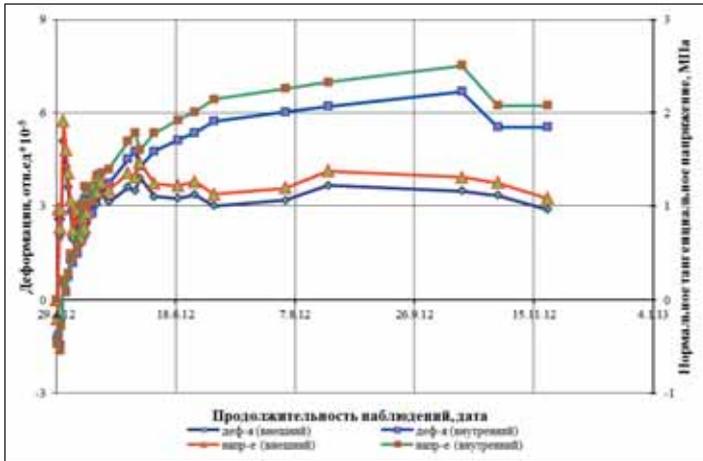


Рис. 3. Кривые развития относительных деформаций и нормальных тангенциальных напряжений кольца № 25

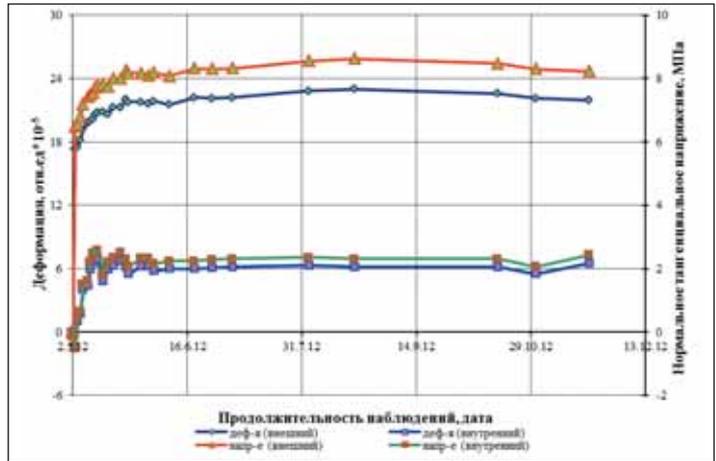


Рис. 4. Кривые развития относительных деформаций и нормальных тангенциальных напряжений в кольце № 34

полнялось специальным водонепроницаемым быстротвердеющим раствором.

Монтаж ТПМК осуществлялся в стартовом котловане порталным краном.

В рамках горно-экологического мониторинга при строительстве эскалаторных тоннелей напряжённо-деформированное состояние обделки оценивали по нормальным тангенциальным напряжениям в блоках обделки и по напряжениям в обделке вдоль оси тоннеля.

По длине наклонного хода станции «Спасская» датчиками были оснащены пять колец обделки: № 25, 34, 45, 64 и 81 (рис. 1) во всех литологических разностях и в большей мере на их границах.

Определение нормальных тангенциальных напряжений по периметру обделки выполняли при помощи струнных деформометров.

Датчики для определения нормальных тангенциальных напряжений располагаются на внешнем и внутреннем контурах блоков обделки; датчики вдоль оси тоннеля располагаются на нейтральной линии блоков (рис. 2).

После установки кольца с датчиками в проектное положение, снимали нулевой замер. Далее с учетом интенсивности проходки и формирования напряженно-деформированного состояния выполнялись дальнейшие измерения. После каждого замера по измеренным деформациям вычисляли напряжения в обделке и строили графики, как показано на рис. 3 для кольца № 25.

На рис. 4 показаны графики развития во времени относительных деформаций бетона, нормальных тангенциальных и продольных напряжений в блоках обделки кольца № 34, а кольца № 45 – на рис. 5.

Блоки обделки испытывают сжимающие напряжения значительно меньше прочностных показателей материала обделки. Формирование напряженно-деформированного состояния в большей степени наблюдается в первые несколько недель после монтажа кольца, а затем стабилизируется.

Через шесть месяцев после монтажа обделки напряжения по контролируемым сечениям составляют 0,9–8,6 МПа в поперечном (тангенциальном) направлении и от –0,2 до 1,9 МПа в продольном.

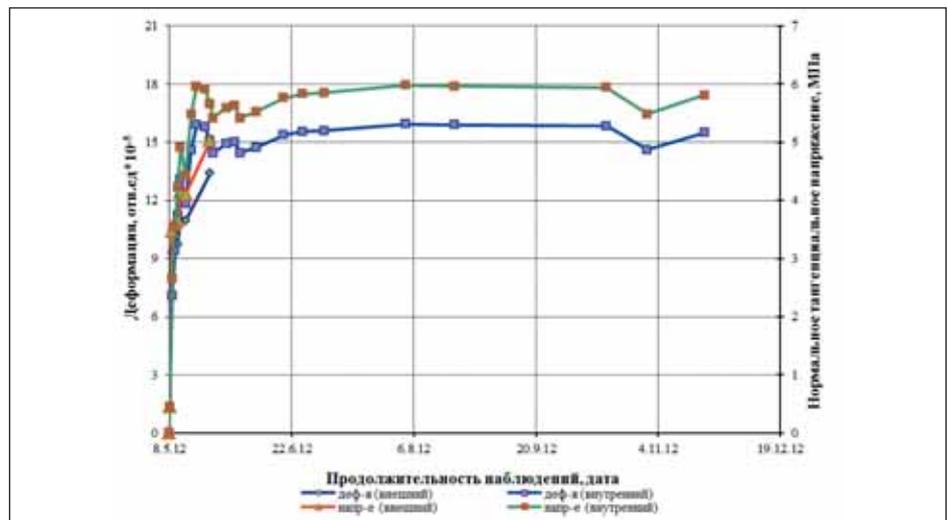


Рис. 5. Кривые развития относительных деформаций и нормальных тангенциальных напряжений в кольце № 45

В среднем нормальные тангенциальные напряжения составляют 5,3 МПа в своде и 3,0 МПа в лотке.

Сжимающие напряжения, возникающие в продольном направлении, составляют до 0,8 МПа, но в большинстве случаев практически отсутствуют.

Анализ формирования усилий в обделке показал, что около 80 % от их конечной величины отмечается уже после заполнения заобделочного пространства тампонажным раствором при сходе кольца с оболочки щита. Абсолютные величины усилий в обделке значительно ниже прочностных характеристик материала обделки, но при этом составляют до 2,0 от гравитационной составляющей. По периметру обделки растягивающих усилий зафиксировано не было.

Помимо прямого метода оценки напряженно-деформированного состояния обделки применялись следующие косвенные методы, входящие в состав горно-экологического мониторинга:

- определение деформаций грунтового массива при помощи экстензометров;
- контроль качества заполнения тампонажным раствором заобделочного пространства;

- определение фактических деформационно-прочностных характеристик массива;
- контроль внутриластового давления во вмещающем массиве и состояния грунтов за обделкой.

Каждая из перечисленных задач выполняла свою функцию, но и при определении напряженно-деформированного состояния обделки позволяла судить о его качественном изменении.

Напряженное состояние обделки, полученное в результате исследований, соответствует расчетным данным, вычисленным методами механики сплошной среды. Таким образом, технология проходки эскалаторного тоннеля с помощью ТПМК с грунтовыми пригрузом забоя не нарушает сплошности грунтового массива.

**Ключевые слова**

Блок обделки, струнный датчик, напряженно-деформированное состояние.

*Lining segment, string sensor, stress-strain state.*

**Для связи с авторами**

Безродный Константин Петрович  
besrodny@lenmetro.ru  
Лебедев Михаил Олегович  
lebedev-lmgt@yandex.ru



# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МИНИМИЗАЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТВОЛОПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕТРО)

## RECOMMENDATIONS TO MINIMIZE DEFORMATIONS OF EARTH'S SURFACE (FOR EXAMPLE USE OF VSM COMPLEX FOR SUBWAY BUILDING)

Т. А. Мазаник, АО «Метротранс»

М. А. Потапов, Е. В. Потапова, АО «Трансинжстрой»

T. A. Mazanik, Metrogiprotrans

M. A. Potapov, E. V. Potapova, Transingstroj

В статье приведен опыт работы стволопроводческого комплекса VSM на строительстве ствола № 748 для Московского метрополитена. Для данного строительства проведен анализ деформационных процессов земной поверхности. Для предотвращения осадок земной поверхности и возникновения негативного влияния проходки ствола на окружающие здания и сооружения выданы соответствующие рекомендации.

*The article shows the experience VSM complex on the construction of shaft no. 748 for Moscow metro. For the analysis of construction deformation processes of the Earth's surface. To prevent the settlement of the Earth's surface and of the negative impact of shaft sinking on surrounding buildings and structures were issued recommendations.*

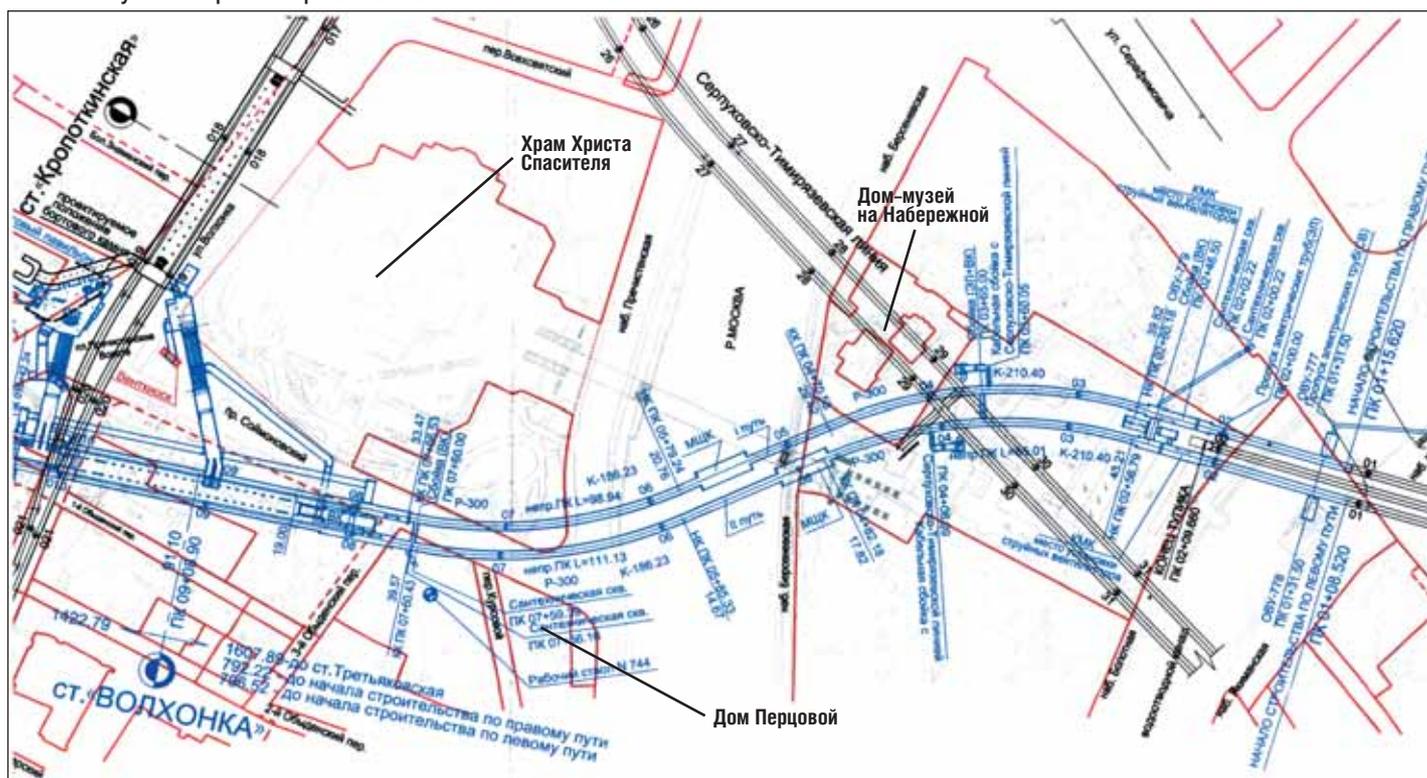
### Введение

На центральном участке проектируемой Калининско-Солнцевской линии (строительная протяженность 5,07 км, эксплуатационная – 6,13 км) предусматривается возведение трех станций: «Волхонка», «Плющиа» и «Кутузовский проспект».

Работы будут вестись в центре Москвы, в крайне тесных условиях.

В зону влияния строительства попадает большое количество зданий и сооружений, большинство из которых являются памятниками истории и архитектуры (храм Христа Спасителя, «Дом на набережной», «сталин-

Рис. 1. План участка перегона «Третьяковская» – «Волхонка» со стволом № 744



ская высотка» гостиница «Украина» и др.), пример – план трассы на рис. 1. Помимо этого, предполагаемая трасса будет трижды пересекать русло Москвы-реки.

Исходя из этих факторов, оптимальным проектным решением является строительство линии глубокого заложения закрытым способом работ, включая проходку стволов стволотехнологическим комплексом и тоннелей с помощью ТПМК.

В районе ПК 07 +50 м («Третьяковская» – «Волхонка») предусмотрен рабочий ствол № 744 диаметром 8,5 м. В районе ПК 17 + 60 м («Волхонка» – «Плющиха») предусмотрен рабочевентиляционный ствол № 745 диаметром 6 м. На участке «Плющиха» – «Кутузовский проспект» предусмотрено строительство рабочего ствола № 746 диаметром 8,5 м и вентиляционного ствола № 747 диаметром 6 м.

На перегоне «Деловой центр» – «Кутузовский проспект» предусмотрены проектом и в настоящее время пройдены стволы: рабочий № 748 диаметром 8,5 м и вентиляционный № 749 диаметром 6 м.

Дальнейшее сооружение шахтных стволов стволотехнологическим комплексом в существующих неоднородных гидрогеологических условиях при нескольких водоносных горизонтах на участке строительства Московского метрополитена от ст. «Третьяковская» до ст. «Деловой центр» требует дополнительных рекомендаций по применению комплексов после анализа трудностей и инцидентов при проходке ствола № 748.

### Опыт работы стволотехнологического комплекса

Стволы № 748 и 749 сооружались стволотехнологическим комплексом немецкого производства VSM 7800/5600 (Vertical Shaft Sinking Machine, цифры означают два возможных внутренних диаметра возводимой железобетонной обделки в мм). Данная современная технология проходки стволов предусматривает метод опускной крепи (сборной железобетонной обделки с шириной кольца 1 м) в тиксотропной «рубашке» при безлюдной выемке породы фрезой под действием гидравлического пригруза и гидротранспорте грунта [1].

Стволотехнологический комплекс предназначен для проходки стволов методом опускной крепи с внешним диаметром 6,3 и 8,5 м, глубиной до 80 м, для грунтов с коэффициентом крепости до 9.

Погружение крепи производится через каждые 0,33 м посредством давления на неё гидравлических домкратов. После опускания става обделки на 2 м проходку останавливают и сваривают стыки блоков с установкой на швы стальной накладки. Блоки изготавливают с внутренней теплоизоляцией, поэтому после сборки кольца, по стыкам блоков наваривая стальные накладки («нащельники»), создается сплошная внутренняя теплоизоляция обделки ствола.

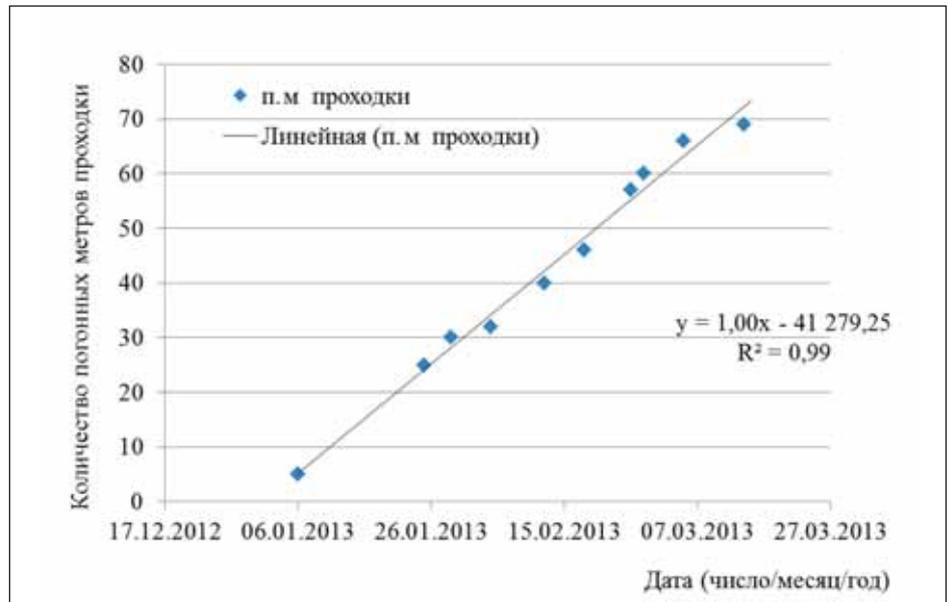


Рис. 2. Производительность проходки ствола № 752бис по суткам

Механизированный стволотехнологический комплекс VSM фирмы «Херренкнехт» был впервые использован в отечественном метростроении для строительства вертикального ствола № 463а на участке Митинско-Строгинской линии Московского метрополитена от станции «Парк Победы» до станции «Кунцевская» [2]. Руководствуясь опытом этой проходки, АО «ТрансИнжстрой» совместно с фирмой «Херренкнехт» произвело работы по усовершенствованию комплекса. В частности, были улучшены узлы крепления, система сепарации, геодезического контроля и навигации [3].

Внедрение данной стволотехнологической технологии на строящихся объектах метрополитена продолжилось при сооружении рабочевентиляционного ствола № 752бис Калининско-Солнцевской линии от ст. «Парк Победы» до ст. «Раменки», график проходки которого представлен на рис. 2.

При проходке ствола № 752бис диаметром 8,5 м и глубиной 73 м для удерживания става обделки и стволотехнологической машины использовались три домкратно-лебедочных ростверка со свайным основанием при длине свай 22 м, которые были заглублены в глину. Это обеспечило достаточную устойчивость сооружений вокруг устья ствола и безостановочность проходки с производительностью 1 п. м в сутки.

### Анализ проходки ствола № 748

Гидрогеологическая информация места проходки ствола № 748 указывала на глубину положения уровня грунтовых вод (УГВ) около 11 м, а пьезометрический уровень каменноугольного водоносного комплекса установлен на глубине 16,4 м при появлении воды на глубине 38 м. Между горизонтами располагается водоупорный слой глины мощностью около 8,0 м. В соответствии с геологическими условиями



«Стена в грунте» защищает близлежащий коллектор.

В первых трех циклах измерений наблюдается подъем земной поверхности на 5–15 мм вокруг ствола полукольцом радиусом 25–30 м в направлении на северо-запад. Это можно связать с закачками бентонита вокруг зажатого грунтом ствола и распространением бентонитового раствора в сторону снижения градиента напора грунтовых вод в сторону р. Москвы. При этом вокруг ствола наблюдается муфта осадки менее –5 мм в виде эллипса с длинной осью с северо-запада на юго-восток (главное направление) протяженностью 40 м, короткая ось эллипса 20 м.

Циклом измерений № 4 определено, что контуры данной муфты осадки разрастаются на северо-запад и юго-восток в виде восьмерки с максимальной протяженностью до 70 м с постепенным прекращением подъема земной поверхности. Возможно, это связано с активной откачкой воды при сооружении временной армировки (водопритоки через днище в известняке составили до 400 м³/ч). Ручная разработка с установкой обделки из чугунных тубингов началась 07.04.2015 г.

Контуры муфты осадки к 11-му циклу измерений (17.11.2015 г.) опять приняли форму эллипса с максимальным размером 90 м и минимальным размером 50 м, в настоящее время больше не разрастаются.

Анализ зависимостей усредненных значений осадки земной поверхности от расстояния между точкой измерений и крепью ствола (рис. 6) показал следующее. По сравнению с расчетной осадкой земной поверхности, форма профиля муфты деформаций которой имеет вид

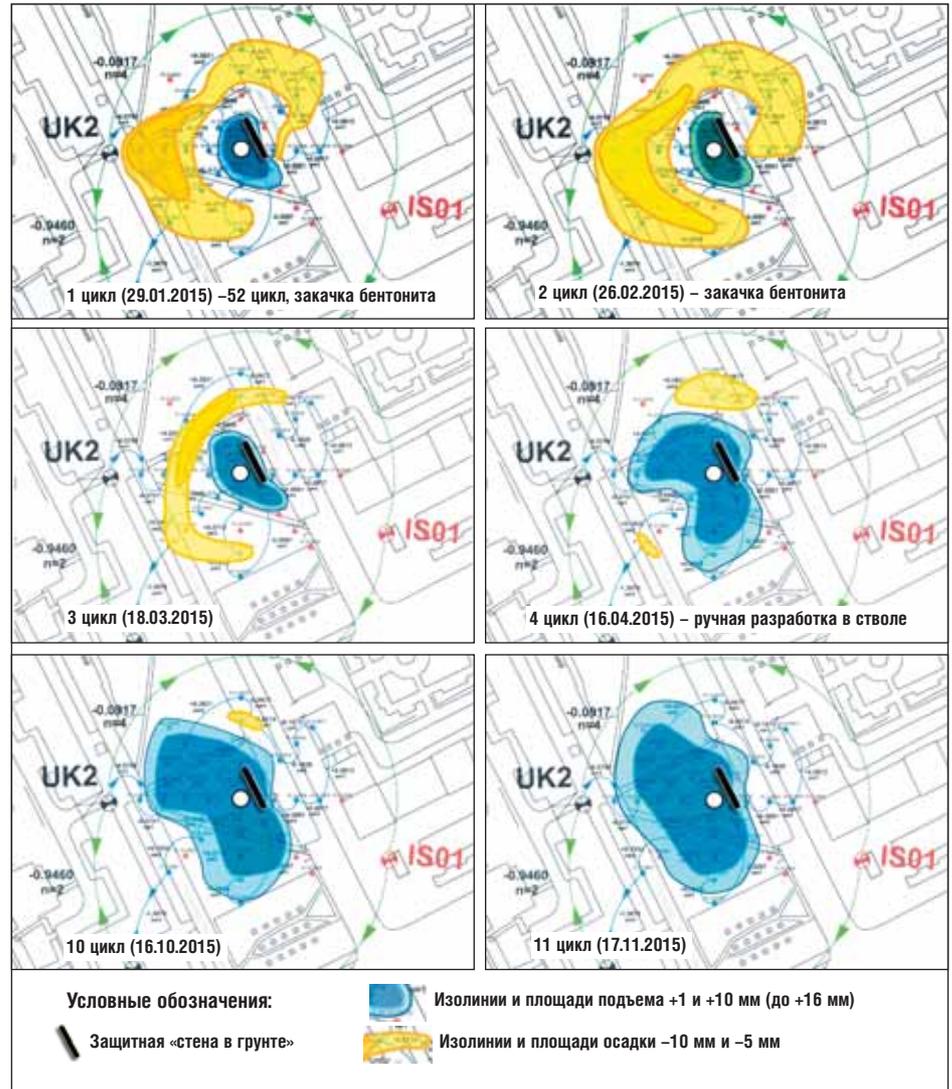
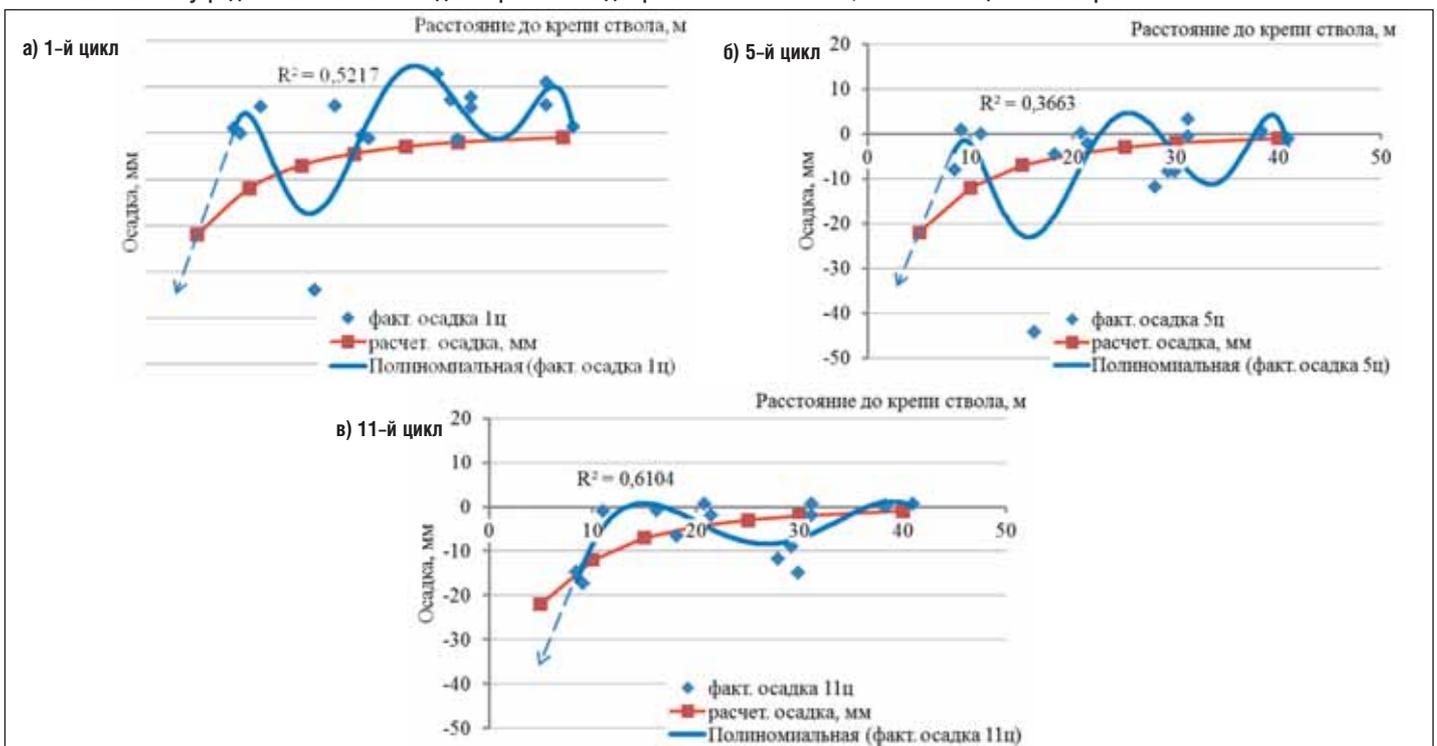


Рис. 5. Результаты наблюдений за высотными перемещениями грунтового массива при строительстве шахтного ствола № 748

Рис. 6. Зависимости усредненных значений осадки от расстояния до крепи ствола после 1-го, 5-го и 11-го циклов измерений



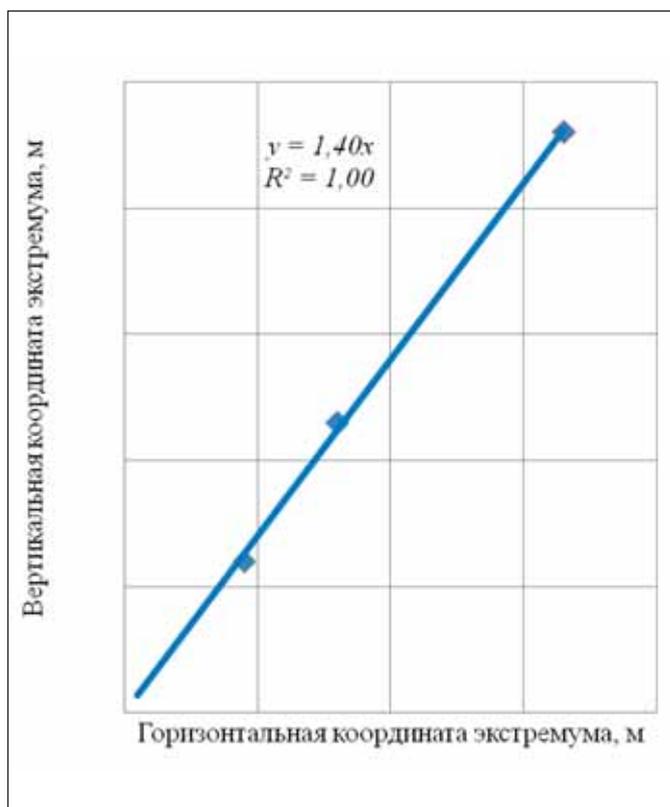


Рис. 7. Зависимость вертикальных координат инцидентов проходки ствола и горизонтальных координат экстремумов осадки земной поверхности

степенной функции с резко увеличивающимися значениями при приближении к стволу, фактическая осадка образует мульду с профилем более сложной «волнообразной» формы.

В 1–5 циклы измерений (рис. 6а и 6б), сделанных после остановки проходки методом VSM и при начале работ горного способа, наблюдаются нижние экстремумы не только вблизи ствола (резкое падение на расстоянии 9 м и менее), но и на расстоянии 12–20 м (в среднем 16 м) и 30–36 м (в среднем 33 м). Наблюдаемые экстремумы гипотетично можно объяснить появлением воронкообразных поверхностей скольжения вокруг ствола во время каких-либо инцидентов при проходке.

На рис. 7 выявлена взаимосвязь между этими горизонтальными координатами появления экстремумов значений осадки и вертикальными координатами положения забоя ствола при следующих последовательных событиях: подработка низа свай (12 м), недельная остановка на ремонтные работы (23 м), инцидент с падением уровня гидропригруза (46 м).

Коэффициент при  $x$  выявленной прямой зависимости означает тангенс угла  $\beta$  наклона поверхностей скольжения грунтового массива по направлению к стволу, откуда находим угол  $\beta = 54,5^\circ$ . Из известного выражения  $\beta = 45^\circ + \varphi/2$  находим средневзвешенное значение угла внутреннего трения  $\varphi = 19^\circ$ .

Таким образом, определяемый в натуральных условиях угол  $\varphi$  полностью соответ-

ствует значениям для песка, полученным в лабораторных условиях, что подтверждает гипотезу о появлении поверхностей скольжения во время перечисленных выше инцидентов. Зависимость на рис. 6в для последнего 11-го цикла измерений показывает, что «волнообразная» форма профиля мульды со временем распрямляется, приближаясь к расчетным значениям в результате стабилизации грунтов после окончательной цементации зазора за крепью и других пустот в грунтовой массе.

В результате исследований выявлены следующие особенности проявления вертикальных перемещений земной поверхности вокруг ствола № 748:

- вытянутая в северо-западном направлении мульда осадки, обусловленная наличием защитной «стены в грунте» того же направления;

- нераспространение мульды в северо-восточном направлении по той же причине при сохранении защитных свойств «стены в грунте»;

- обнаруженный первыми циклами (№ 1-3) измерений подъем до +15 мм земной поверхности полукольцом радиусом 25–30 м распространением в северо-западном направлении, обусловленный нагнетанием бентонита не только в тиксотропную рубашку, но и в проницаемый грунтовой массив по направлению снижения градиента напора грунтовых вод;

- разрастание по площади в 3 раза мульды осадки перед циклом измерений № 4 (апрель 2015 г.), обусловленное активной откачкой воды при сооружении временного армирования, а также ручной разработкой с установкой обделки из чугунных тубингов;

- взаимосвязь между горизонтальными координатами появления большой осадки и вертикальными координатами положения забоя ствола при следующих последовательных событиях: подработка низа свай, недельная остановка на ремонтные работы, инцидент с падением уровня гидропригруза.

#### Рекомендации

Для предотвращения осадок земной поверхности и возникновения негативного влияния проходки ствола на окружающие

здания и сооружения рекомендуется следующее.

1. Технологическим регламентом проходки с VSM предусмотреть мероприятия по изменению конструкции воротника ножевого кольца, по соблюдению величины зазора за обделкой от 25 до 75 мм, заглоблению свай ростверков в устойчивый грунт.

2. После анализа геологических условий спрогнозировать момент возникновения инцидента и быть готовым к применению компенсирующих мероприятий.

3. Держать уровень воды в стволе в соответствии с данными об уровнях подземных вод по гидронаблюдательным скважинам, пробуренным около ствола для каждого водоносного горизонта.

4. Идентифицировать инцидент по залповому расходу воды/бентонита.

5. При возникновении инцидента с падением уровня технологических сред в стволе предусмотреть организационные мероприятия по увеличению расхода воды и повышению вязкости бентонитового раствора.

6. Осуществлять мониторинг деформаций и оперативно принимать решение о переходе на горный способ при скачкообразном развитии деформаций основания ростверков и/или земной поверхности.

7. В случаях расположения шахтных стволов в центральных стесненных участках города и в сложных гидрогеологических условиях применение стволопроходческих комплексов следует обосновывать особо.

#### Ключевые слова

Шахтный ствол, стволопроходческий комплекс с опускной крепью, осадка земной поверхности.

*Mine shaft, vertical shaft sinking machine, settlement of the Earth's surface.*

#### Список литературы

1. Синицкий Г. М., Мазин С. В., Ломоносов С. М. Перспективы внедрения современных стволопроходческих комплексов в практику подземного строительства городов // *Метро и тоннели*. – 2012. – № 1. – С. 26–27.
2. Елгаев С. Г., Бычков Н. Н., Гончаров А. А., Ломоносов С. М. Прогрессивные технологии сооружения вертикальных шахтных стволов // *Метро и тоннели*. – 2009. – № 1. – С. 33–35.
3. Потапов М. А., Потапова Е. В. Стволопроходческие комплексы: практика применения для проходки вертикальных стволов Московского метрополитена за последние 10 лет // *Метро и тоннели*. – 2016. № 2. – С. 12–17.

#### Для связи с авторами

Мазаник Татьяна Александровна  
MazanikT@metroiprotans.com  
Потапов Михаил Анатольевич  
Potapov\_ma@mail.ru  
Потапова Елена Владимировна  
Potapova@smu-162.tinso.ru



# О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ

## ON THE IMPROVEMENT OF THE NORMATIVE BASE OF DESIGNING STRUCTURES, INCLUDING SUBWAYS

**И. Я. Дорман**, зам. генерального директора, вице-президент по научной работе АО «Метрогипротранс», акад. РАЕН, д. т. н., профессор

**I. Y. Dorman**, Deputy Director General «Metrogiprottrans», Doctor of technical sciences, Professor

**Автор статьи – руководитель творческого коллектива специалистов проектных, строительных, научных и эксплуатационных организаций, принимавших в 2011 г. участие в актуализации советского СНиП по проектированию метрополитенов в рамках новой российской концепции нормирования в виде сводов правил.**

**Критически рассматривается новая идеология и структура нормотворчества в РФ, сделаны предложения для совершенствования дальнейшей процедуры актуализации нормативных документов в области строительства с целью устранения некоторых негативных моментов, присущих всему новому.**

*The author – the head of the creative team of professionals design, construction, research and operational organizations, taking in 2011 participation in the actualization of the Soviet SNIP on designing subways under the new Russian concept of rationing in the form of codes of practice.*

*Critically examines the new ideology and rule-making structure in the Russian Federation, made proposals to improve the procedure further updating of regulatory documents in the construction industry in order to eliminate some of the negative aspects inherent in new things.*

В соответствии с положениями Федерального закона «О техническом регулировании» 184-ФЗ [1] Минстрой России в 2015 г. начал плановый пересмотр актуализированных в 2011–2012 гг. сводов правил в области строительства. Пересмотр основан на положениях п. 5 статьи 16.1. 184-ФЗ, в которой сказано, что «документы в области стандартизации подлежат ревизии и в необходимых случаях пересмотру и (или) актуализации не реже, чем один раз в пять лет».

В области проектирования и строительства метрополитенов АО «Метрогипротранс» в 2011 г. разработало Свод правил СП 120.13330.2012 «Метрополитены» (Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003) [2], введенный в действие с 01.01.2013 г.

То же относительно Свода правил СП 122.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные» [3].

Актуализация осуществлялась в соответствии с процедурой, изложенной в Постановлении Правительства РФ от 19.11.2008 г. № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил» и приказе Минрегионразвития РФ от 28 августа 2010 г. № 385 «Об утверждении Порядка проведения работ по разработке и утверждению сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил».

После актуализации сводов правил появились новые конструкции, технологии, не отраженные в актуализированных сводах правил, и для их применения в строительной и проектной практике потребова-

лась разработка специальных технических условий (СТУ).

Анализ содержания специальных технических условий (СТУ) на проектирование зданий и сооружений различного назначения, в том числе метрополитенов, выявил некоторые проблемы, связанные с тем обстоятельством, что при разработке и особенно при переработке текстов сводов правил нормативные требования устанавливаются без проведения необходимых исследований, в том числе по выявлению требований взаимосвязанных нормативных документов (включая международные и региональные стандарты), а также по оценке оптимальности устанавливаемых предельных значений параметров. По этой причине в состав сводов правил включаются иногда недостаточные для обеспечения безопасности соответствующих видов зданий или сооружений, а иногда избыточные требования. Некоторые из таких требований автоматически переносятся в новые своды правил из действовавших 20–30 лет назад СНиП.

Результаты анализа содержания некоторых действующих сводов правил, а также опубликованных проектов их пересмотра приведены в обширной научно-исследовательской работе, разработанной по заданию НОПРИЗ сотрудниками Центра нормирования в строительстве (АО «ЦНС») при участии научных сотрудников других организаций, в том числе автора настоящей статьи, подробно рассмотренные и проанализированные в работе [4], внося-

щие некоторую ясность и определенность в сегодняшнюю идеологию процесса нормирования.

Ниже кратко изложены некоторые на сегодняшний день проблемные вопросы, подробно изложенные в [4], вносящие определенную ясность в технологию нормотворчества, имеющую ряд противоречивых положений, которые, на наш взгляд, будут полезны для ознакомления тоннельной общестроительством.

### Об обоснованности нормативных требований

Прежде всего, возникает необходимость уточнения понятий «норма» и «нормативное требование» применительно к нормативным документам в строительстве, имея в виду, что эти документы имеют не только технический, но и правовой характер.

При таком уточнении целесообразно учесть особенности построения систем нормирования в строительстве зарубежных стран. Обобщенная характеристика принятого в настоящее время во многих странах т. н. «параметрического подхода» к нормированию в строительстве предусматривает установление требований к объектам нормирования на трех уровнях:

- формулирование целей, которые должны быть достигнуты в процессе создания, эксплуатации и ликвидации объектов (законодательный уровень);
- установление функциональных требований к объектам, их частям и подсистемам;
- установление требований к рабочим характеристикам объектов [5].

В некоторых странах ни на одном из этих уровней не устанавливаются требования к значениям параметров объектов, которые предусматривается включать в инструкции и пособия, разработанные в соответствии с нормативными требованиями.

В Федеральном законе «О техническом регулировании» [1] предусмотрено включение прямых требований к значениям параметров продукции на законодательном уровне в разработанные в соответствии с требованиями этого закона другие законодательные и нормативные правовые акты (технические регламенты). И хотя в упомянутом законе предусмотрен учет особенностей технического регулирования в области обеспечения безопасности зданий и сооружений в соответствии с Федеральным законом «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [6], общие принципы технического регулирования распространяются и на строительную продукцию.

В таких условиях переход к построению системы нормативных документов в строительстве на основе параметрического подхода затруднен, и, если все же решение об этом будет принято, реализация его потребует длительного времени. Поэтому следует исходить из сложившейся системы с ее развитием в направлениях, соответствующих стратегии инновационного развития строительной отрасли.

Тем не менее, представляется назревшей необходимость в оценке целесообразности установления в НД (в рамках действующей системы) требований к предельным значениям некоторых параметров сооружений, их частей и систем инженерно-технического обеспечения. Речь прежде всего идет о повторяющихся однотипных ситуациях, в которых, как показывает анализ содержания согласованных Минрегионом России и Минстроем России специальных технических условий, проектировщикам приходится назначать проектные значения параметров объектов за установленными в сводах правил пределами, предусматривая в этих случаях соответствующие компенсирующие мероприятия.

Особенно часто такие ситуации возникают при проектировании объектов в стесненных условиях городской застройки и при проектировании реконструкции искусственных сооружений (например, тоннели в скальных породах). В технической литературе для определения термина «авария» используется формула «когда восстановление технически невозможно или экономически нецелесообразно». Применение данной формулы к упомянутым ситуациям (при их повторяемости в СТУ) является поводом для корректировки норм с включением в них соответствующих допущений.

Перенасыщенность действующих сводов правил конкретными предельными значениями параметров объектов в отдельных слу-

чаях необоснованно ограничивает возможности изменения параметров безопасности и функциональной пригодности объектов при принятии конкретных проектных решений, а в других случаях создает условия для принятия неоптимальных (по затратам) проектных решений. Большая часть конкретных пределов изменения параметров объектов заимствована из норм пожарной безопасности, санитарных норм и технологических правил.

Санитарные нормы, в соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения Российской Федерации» [7] имеют обязательный для применения и соблюдения характер (хотя согласованность их с областью применения строительных норм и правил, как известно, не обеспечена). Нормы пожарной безопасности, за исключением установленных непосредственно в тексте Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [8], предназначены для применения на добровольной основе, в связи с чем включение их в состав сводов правил по проектированию зданий и сооружений, в которых они рассматриваются в качестве обязательных для применения и исполнения, требует дополнительных обоснований.

Обоснованность включения в состав сводов правил отдельных и несистематизированных технологических подлежит дополнительному изучению, поскольку в мировой и в отечественной практике такие нормы являются содержанием преимущественно изданий справочного характера и не подлежат утверждению органами власти.

Еще один вопрос, имеющий отношение к затрагиваемой проблеме, касается необходимости своевременного совершенствования стандартов и сводов правил, относящихся к основополагающим. (В принятой ранее системе нормативных документов в строительстве [9] они были объединены в комплекс «Общие технические нормативные документы»). В условиях ускоренного инновационного развития техники и технологии строительства требуется соответствующее развитие обобщающих научных исследований и своевременное обновление нормативной базы строительного проектирования, включающей не только упомянутую группу НД, но и инструктивно-методическую литературу.

В современных условиях, когда большая часть сводов правил в области строительства разрабатывается проектными организациями, когда проведение научно-исследовательских работ, предшествующих разработке сводов правил и обосновывающих их требования, практически неосуществимо и соответствующая задача, судя по актуальным и перспективным планам Минстроя России, даже не ставится, трудно рассчитывать на высокое качество этих документов.

Однако обобщение опыта применения (в том числе органами государственной экс-

пертизы) установленных требований – задача выполнимая. Значительно повышается также роль мониторинга опубликованных результатов научных работ, выполненных в других странах, и оценки целесообразности их использования при совершенствовании отечественной нормативной базы строительства.

### Методические вопросы подготовки текстов нормативных документов О терминологическом разделе сводов правил

Общие правила оформления терминологического раздела осуществляются по ГОСТ 1.5-2001 [14].

При составлении и редактировании раздела «Термины и определения» рекомендуется также использовать Р 50-603-1-89 «Рекомендации. Разработка стандартов на термины и определения» [10], а также ГОСТ Р ИСО 7042010 «Терминологическая работа. Принципы и методы» [11].

Использование формализованных правил не освобождает разработчиков проектов сводов правил и экспертов от необходимости обеспечивать координацию и согласованность используемой терминологии в текстах однородных документов. В работе [4] приведены выборки определенных одинаковых терминов в разных сводах правил, которые показывают актуальность затрагиваемой темы. Следует учитывать нормативно-правовой характер применения этих документов, в связи с чем несогласованность требований нормативных документов может приводить к различным нарушениям прав участников инвестиционно-строительной деятельности.

### О наименованиях документов

В практике стандартизации используется понятие «вид стандарта». Вид стандарта на продукцию характеризует его содержание, состав его требований. В предыдущие годы, в периоды действия Государственной системы стандартизации (ГСС СССР) и затем Системы стандартизации в Российской Федерации, вид стандарта связывали с «аспектом стандартизации» – термином, который определялся как «краткое выражение обобщенного содержания устанавливаемых стандартом положений». Следует отметить, что и для строительных норм и правил до 1994 г. были установлены четыре уровня, которые четко определяли и сферы действия, и содержание этих документов. Для совокупности сводов правил в области строительства в настоящее время характерно отсутствие правил систематизации аспектов нормирования, вследствие чего, например, в утвержденном Минстроем России (приказом № 470/пр от 30 июня 2015 г. [12]) перспективном плане разработки и актуализации сводов правил предусмотрено ничем не обоснованное многообразие видов сводов правил (общие требования, основные положения, основныеложе-

ния и требования, общие правила проектирования, правила проектирования, правила проектирования и строительства и др.), что никак не способствует выработке общих методических подходов к разработке отдельных групп этих документов. (Заметим, что широкое применение термина «правило», которое в ISO/IEG Guide [13] определено как «положение, описывающее действие, которое должно быть выполнено», далеко не во всех случаях соответствует реальному содержанию разрабатываемых и утверждаемых сводов правил. Особенно необоснованным применительно к сводам правил представляется словосочетание «правила проектирования»).

По традиции, установившейся после введения в действие основных положений системы нормативных документов в строительстве [9], в наименовании СНиП, а затем СП на здания и сооружения определенных видов, подзаголовков, указывающих «аспект нормирования», не вносится, поскольку предусматривалось распространить установленные в них требования, предъявляемые к объектам на всех этапах их жизненного цикла. Однако в настоящее время область применения этих документов ограничена только этапом проектирования, но «традиция» соблюдается, и возникают дополнительные методические проблемы.

### **О соответствии устанавливаемых требований области применения СП на здания и сооружения**

Рассмотрение текстов действующих сводов правил приводит к выводу, что отсутствуют единые подходы к определению области применения этих документов. Это обстоятельство затрудняет классифицирование как самих документов, так и возможных разработок методических принципов составления сводов правил.

Примененная в тексте многих сводов правил формулировка области применения «Настоящий свод правил распространяется на проектирование и строительство вновь строящихся и реконструируемых...» (варианты: «...на проектирование новых, реконструируемых и капитально ремонтируемых...», «...на проектирование вновь строящихся, реконструируемых и технически перевооружаемых...» во всех случаях предусматривает предъявление требований к конструктивному, объемно-планировочным решениям и к предельным значениям параметров объектов, устанавливаемым на стадии проектирования.

При проектировании принимают или назначают конкретные проектные значения параметров объекта с учетом требований СП. Поэтому правильная формулировка требования СП должна содержать слова «принимаемое проектное значение параметра не должно быть более (или менее)...» В текстах действующих сводов

правил и проектов их пересмотра чаще всего применяется формулировка «(наименование параметра) не должна быть более (или менее) предельного значения». Например: «Высота проемов эвакуационных выходов из технического этажа должна составлять не менее 1,8 м». Но слова «не должна составлять» могут относиться только к фактическому значению нормируемого параметра, которое является случайной величиной и всегда отличается от проектного. Поэтому возникают проблемы, связанные с тем, что если проектное значение принято равным предельному значению (в данном случае 1,8 м), то трактовка отличия фактического значения (в данном случае в меньшую сторону) от проектного в процессе приемки объекта представляется на усмотрение технического контроля заказчика. Таким образом, правильная формулировка требования в данном случае: «Устанавливаемое в проектной документации значение высоты проемов эвакуационных выходов из технического этажа не должно быть менее 1,8 м». Допускаемые отклонения фактических значений параметров от проектных должны указываться в проектной документации.

### **Об обеспечении четкости в определении обязательных требований, требований для применения на добровольной основе и положений вида «рекомендация»**

Судя по многочисленным запросам на разъяснения положений действующих сводов правил, особого внимания требует определение статуса приложений, на которые имеются ссылки в основном тексте. В этих случаях совмещаются две системы определения статуса приложений: (по ГОСТ 1.5-2001 [14], предусматривающему определение приложений как обязательных, рекомендуемых и справочных, и по ФЗ-384 [6], в соответствии с которыми документы по стандартизации в области строительства и их части определяются как обязательные для применения или как предназначенные для применения на добровольной основе.

Применение двух разнородных систем вызывает неоправданные сложности. Целесообразно при подготовке текстов сводов правил отказаться от определения статуса приложений в соответствии с ГОСТ 1.5-2001 [14].

В то же время нельзя не отметить, что разработчики сводов правил и эксперты не уделяют затронутому вопросу должного внимания. Анализ текстов отдельных сводов правил выявил случаи, когда обязательный статус их положений в соответствии с Перечнем по постановлению Правительства № 1521 [15] сочетается с рекомендательной формой изложения или добровольный статус приложения сочетается с определением его в качестве обязательного.

В описанной ситуации целесообразность использования в сводах правил рекомендательной формы изложения требований вызывает сомнения. Отличия статуса нормативного положения добровольного применения от статуса нормативного положения, изложенного в форме рекомендации, несущественны: при принятом в настоящее время порядке указания в перечне, утверждаемом Росстандартом [16] положений добровольного применения без обозначения их нумерации, в этот перечень попадают все положения свода правил, за исключением перечисляемых положений для обязательного применения. Следовательно, статус этих положений одинаков и изложение их в форме рекомендаций ничего не меняет, но вызывает дополнительные сложности для их трактовки как в процессе проектирования, так и при экспертизе проектной документации.

### **О подготовке к включению сводов правил в план разработки или актуализации**

В практике Госстандарта и Госстроя СССР применялся порядок, в соответствии с которым работе по плановому пересмотру или изменению государственных стандартов предшествовала оценка целесообразности проведения такой работы. В план включалась работа по пересмотру или изменению действующих стандартов в случаях обоснованной необходимости в проведении такой работы. Возможности для функционирования такого порядка создавались тем обстоятельством, что каждая организация – ведущий разработчик стандарта накапливала информацию о назревшей необходимости внесения изменений в действующий стандарт и своевременно ставила вопрос о включении соответствующей работы в план. Разработчиками проектов государственных стандартов являлись преимущественно научно-исследовательские организации или научные подразделения комплексных научно-проектных организаций, и работы финансировались государством.

В сегодняшних условиях отсутствия возможностей для организации исследований, предшествующих разработке или пересмотру сводов правил, естественно было бы поручать подготовку новой редакции свода правил разработчику предыдущей редакции или, по крайней мере, отдавать ей предпочтение при конкурсном отборе.

Но принятый порядок не предусматривает никаких предпочтений, вследствие чего публикуются проекты изменения СП, не выдерживающие критики, разработанные в надежде на то, что при общественном обсуждении этого проекта появится материал для качественной подготовки второй редакции. (В скобках заметим, что ТК 465 «Строительство» иногда тоже оп-

ределяет или назначает разработчиков проектов пересмотра стандартов, даже не ставя в известность организации, разработавшие действующий стандарт).

### Об организации разработки сводов правил

Применяемый в настоящее время порядок одновременно производимой в короткие сроки кампании по изменению (актуализации) сводов правил не способствует достижению высокого качества актуализированных документов. То же можно утверждать по вопросу о тендерном порядке отбора исполнителей, при котором среди разработчиков далеко не всегда оказываются организации, которые разрабатывали предыдущую редакцию документа и должны были вести мониторинг его применения с учетом поступающих запросов на разъяснение его положений. В рамках принятого порядка невозможно также осуществить полноценное общественное обсуждение и качественную экспертизу проектов актуализированных документов.

Положение о конкурсе на проведение разработки или актуализации сводов правил целесообразно опубликовать для общественного обсуждения. Целесообразно также в это положение включить систему критериев для отбора организаций-разработчиков.

По отношению к сводам правил применение порядка опубликования уведомлений о разработке и об окончании общественного обсуждения проектов на официальном сайте Росстандарта не дает желаемого результата. В отличие от проектов национальных стандартов, привлекающих внимание ассоциаций производителей и отдельных предприятий, проекты сводов правил, которые используются в процессе проектирования зданий и сооружений, чаще всего просто «не замечаются» проектными организациями.

В такой ситуации возможно было бы полезно поставить на обсуждение инженерной общественности вопрос о целесообразности возвращения советской практики адресной рассылки проектов нормативных документов, подлежащих утверждению Минстроем России, и проведения ее (рассылки) от имени Минстроя России или НОПРИЗ по списку, утверждаемому в составе технического задания на разработку. В состав технического задания на разработку проекта свода правил необходимо включать также пункт об обязательном опубликовании сводки полученных отзывов по проекту (например, на сайте НОПРИЗ).

В приведенных предложениях отсутствует упоминание о технических комитетах по стандартизации в области строительства, поскольку, как показала предыдущая практика, основная работа этих структур, создаваемых Росстандартом, относится к сфере планирования и осуществления разработки национальных стандартов и эффектив-

ность их участия в разработке сводов правил незначительна.

### Об обеспечении согласованности содержания сводов правил, утверждаемых Минстроем России, с требованиями законодательных и подзаконных норм других федеральных органов исполнительной власти

Принятая практика перенесения требований сводов правил, утвержденных МЧС России, и санитарных норм и правил, утвержденных Роспотребнадзором, в состав сводов правил по проектированию строительства с одной стороны логична, поскольку освобождает проектировщиков от необходимости выбирать такие требования из разрозненных нормативных документов, изложенных по разным правилам, с другой стороны – чревата определенными сложностями.

Дословный перенос требований СП МЧС России и СанПиН в состав СП Минстроя России, как правило, невозможен из-за различий в структуре документов и используемой терминологии. При переносе этих требований в СП Минстроя России с учетом принятого в них стиля изложения и используемой в них терминологии недостижимо обеспечить полную адекватность требований первоисточнику. При этом происходит и некоторая деформация текстов СП по строительству, доказательством чему служит, например, определение термина «высота здания», заимствованное из терминологии пожарной безопасности и создающее сложности в практике его использования при проектировании строительства. Дополнительные сложности создает то обстоятельство, что официальный статус сводов правил МЧС России – документы по стандартизации для применения на добровольной основе для выполнения обязательных требований Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [8], в то время как требованиям разделов «пожарная безопасность» в составе сводов правил Минстроя России придается статус «для применения на обязательной основе» (см. СП 120.13330.2012 «Метрополитены»).

Решение данной проблемы, как представляется, возможно с применением одного из следующих вариантов: первый – замена требований пожарной безопасности и требований санитарно-эпидемиологической безопасности в составе сводов правил по строительству ссылками на своды правил МЧС России и санитарные нормы и правила Роспотребнадзора, второй – принятие на уровне Правительства Российской Федерации порядка, в соответствии с которым прямые нормативные требования к строительной продукции уполномочен устанавливать федеральный орган исполнительной власти (ФОИВ) в области строительства. Другие ФОИВ мо-

гут устанавливать такие требования только по согласованию с Минстроем России.

### О порядке замены актуализированным сводом правил ранее действовавшего нормативного документа

Некоторые организации, осуществляющие работы по актуализации СНиП или заменившего его СП, при разработке проекта актуализированного свода правил допускают изменение области применения документа, что приводит к различного рода сложностям, включая необходимость в разработке специальных технических условий из-за отсутствия нормированных требований к объектам.

Например, при актуализации СНиП 11-35-76 «Котельные установки» из области применения актуализированной редакции этого документа (СП 89.13330.2012) практически исключены автономные (индивидуальные) котельные (встроенные и крышные). Такая неадекватная замена нарушает системный характер совокупности нормативных документов в строительстве. В течение 2013–2015 гг. только по этой причине Минстрой России рассмотрел не менее 15 проектов специальных технических условий на крышные котельные, размещаемые на кровлях жилых, общественных и многофункциональных зданий.

### Об организации экспертизы

Проведенный анализ текстов действующих сводов правил (актуализированных СНиП) показал, что экспертиза некоторых из этих документов либо не выполнялась вообще, либо проведена неэффективно. В утвержденном Минстроем России приказом от 3 июня 2015 г. № 374/пр документе «Порядок разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил, сводов правил в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации» [16] предусмотрено проведение экспертизы проектов (возложено на ФАУ «ФЦС»), но не указаны цели этой работы и виды экспертизы. Полноценная нормативная база строительной отрасли не может создаваться и функционировать без государственной поддержки. При этом целесообразно использовать эффективный опыт деятельности в аналогичных областях Госстандарта и Госстроя России, в том числе по созданию издательств, имеющих в своем штате квалифицированных редакторов и корректоров.

### О разработке перечней для актуализации

Главный вопрос – отсутствие четких правил, в соответствии с которыми должны определяться требования сводов правил для соблюдения на обязательной основе. Принцип – к таким относятся требования по обеспечению безопасности, аспекты которой указаны в ФЗ-384 [6]. Однако во многих случаях решения об отнесении требований к обязательным для применения

принимаются формально. В частности, в утвержденном Перечне [15] в качестве обязательных для применения указаны положения: не выполнимые в конкретных условиях строительства или по другим причинам; содержащие избыточные требования, в составе которых имеются примечания, содержащие требования.

Отсутствие методических положений по составлению перечней оставляет открытыми целый ряд дополнительных вопросов, в том числе:

- взаимная увязка требований сводов правил к «Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности» [8], имеющих статус «для применения на добровольной основе» и соответствующими требованиями сводов правил к «Техническому регламенту о безопасности зданий и сооружений», приобретающими при включении их в Перечень [15] статус «для применения на обязательной основе»;
- определение статуса требований национальных стандартов на элементы сборных конструкций и инженерного оборудования зданий и сооружений, не включенные ни в один из перечней к «Техническому регламенту о безопасности зданий и сооружений»;
- определение статуса требований национальных стандартов на здания и сооружения (в том числе габариты приближения строений, расчетные нагрузки для автомобильных дорог, конструкции мостов), не включенных ни в один из перечней к «Техническому регламенту о безопасности зданий и сооружений»;
- взаимосвязь перечней с создаваемым Минстроем России Реестром нормативных документов, используемых при проектировании строительства.

Не разработаны до сих пор также вопросы мониторинга функционирования и своевременной корректировки Перечня.

Нуждаются в разработке и методические проблемы, связанные с составлением и функционированием перечня документов по стандартизации для применения на добровольной основе [17]. В частности, не имеется официально апробированной трактовки понятия «нормативный документ добровольного применения». В наличии такой трактовки нуждаются и проектировщики, и работники органов экспертизы. В опубликованном в информационных изданиях письме Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 17 июля 2015 г. № 22764-0Г/08 «О применении нормативно-технических документов в области строительства» [18] исчерпывающих пояснений по этому вопросу не содержится.

Назрела необходимость также в определении статуса неотмененных нормативных документов, не имеющих аналогов в совокупности НД, утвержденных ФОИВ в области строительства Российской Федерации. Например, имеются ВСН Госкомархитектуры по вопросам капитального ремонта и рекон-

струкции жилых зданий, ВСН Минтрансстроя по отдельным вопросам метростроения, на которые все еще приводятся ссылки и в сводах правил и в проектной документации, но ни в одном из перечней они не упоминаются, притом, что разработка аналогичных современных НД не планируется.

### **Заключение**

В соответствии с приведенными в настоящей статье материалами требуется существенное повышение уровня организации и качества проведения работ по совершенствованию нормотворчества, направленное на обеспечение:

- взаимной увязки положений законодательных и подзаконных нормативных правовых актов и положений нормативно-технических документов в области строительства;
- обоснованности требований к объектам нормирования, установленных в сводах правил;
- поручения по подготовке новой редакции свода правил разработчику предыдущей редакции или, по крайней мере, отдаче ей предпочтения при конкурсном отборе;
- повышения качества текстов сводов правил;
- повышения обоснованности включения отдельных положений (частей) сводов правил в перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной и добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

### **Ключевые слова**

Федеральные законы, нормирование, свод правил, актуализация.

*Federal laws, regulation, code of practice, update.*

### **Список литературы**

1. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
2. СП 120.13330.2012 «Метрополитены».
3. СП 122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные».
4. Мониторинг применения нормативно-технических документов, включенных в перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Подготовка предложений по внесению изменений в нормативно-правовые акты (с проектами таких изменений). АО «Центр технического и сметного нормирования в строительстве» (АО «ЦНС»). Москва, 2016 г.
5. Андрей Серых. Система нормирования в мире – от предписывающего к параметри-

ческому методу. «Архитектурный вестник», 2013 г., № 1 (130).

6. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

7. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения Российской Федерации».

8. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

9. СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения».

10. Р 50-603-1-89 «Рекомендации. Разработка стандартов на термины и определения».

11. ГОСТ Р ИСО 704-2010. «Терминологическая работа. Принципы и методы».

12. Приказ Минстроя России от 30 июня 2015 г. № 470/пр «Об утверждении Плана разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных сводов правил, строительных норм и правил на 2015 г. и плановый период до 2017 г.».

13. ISO/IEC Guide 2:2004 Стандартизация и смежные виды деятельности. Общий словарь.

14. ГОСТ 15-2001 Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные. Правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению.

15. Постановление Правительства Российской Федерации от 26.12.2014 г. № 1521 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

16. Порядок разработки и утверждения сводов правил и актуализация ранее утвержденных строительных норм и правил, сводов правил в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, утвержденный приказом Минстроя России от 03.06.2015 г. № 374/пр.

17. Приказ Госстандарта от 30.03.2015 г. № 365 «Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

18. Письмо Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 17.07.2015 г. № 22764-0Г/08 «О применении нормативно-технических документов в области строительства».

### **Для связи с автором**

Дорман Игорь Яковлевич  
dorman@metroprotrans.com



# ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

## THE HISTORY OF RESEARCH IN THE FIELD OF FIRE SAFETY OF METRO

**А. Д. Голиков**, к. т. н., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

**П. М. Агеев**, к. т. н., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

**Е. Ю. Черкасов**, к. т. н., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

**Я. В. Рощина**, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

**A. D. Golikov**, candidate of technical sciences, University of State Fire service of the Ministry for Emergency Situations of the Russian Federation

**P. M. Ageev**, candidate of technical sciences, University of State Fire service of the Ministry for Emergency Situations of the Russian Federation

**E. Y. Cherkasov**, candidate of technical sciences, University of State Fire service of the Ministry for Emergency Situations of the Russian Federation

**Y. V. Roshchina**, University of State Fire service of the Ministry for Emergency Situations of the Russian Federation

**Проведен исторический обзор и анализ исследований в области пожарной безопасности метрополитена в Санкт-Петербургском филиале Всероссийского ордена «Знак Почета» научно-исследовательского института противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, а также исторические предпосылки для разработки нормативных документов в области пожарной безопасности в зданиях и сооружениях метрополитена.**

***Conducted a historical review and analysis of research in the field of fire safety of underground in Saint-Petersburg branch of All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, as well as the historical background to the development of normative documents in the field of fire safety in buildings and structures underground.***

**В** настоящее время широкое распространение получили искусственные подземные объекты различного назначения, основными из которых являются:

- транспортные;
- общественного назначения;
- специального назначения.

Особое место среди них с точки зрения пожарной опасности занимают метрополитены. Насыщенность техническими устройствами, высокая энерговооруженность, значительное количество используемых горючих материалов, подземное расположение объектов в сочетании с массовым пребыванием людей в течение 20 ч в сутки предопределяет высокую потенциальную пожарную опасность метрополитенов.

Долгое время в отношении пожарной опасности метрополитенов не учитывалась специфика объекта. В 13-м томе «Технической энциклопедии» 1931 г. (год начала строительства метрополитена в Москве) в статье «Метрополитен» пожары не упоминаются, несмотря на то, что в 1903 г. в Парижском метро произошел пожар, при котором более 100 человек задохнулись от дыма. Возраст Лондонского метрополитена к этому времени приближался к 70 годам (первая линия открылась в 1863 г.).

В «Технических условиях проектирования метрополитенов» 1954 г. противопо-

жарные требования к таким специфическим сооружениям также отсутствуют. Считалось, что наличие ведомственной пожарной охраны, простейших средств пожаротушения и выполнение требований документов по обеспечению пожарной безопасности наземных объектов снимает проблему. Однако опыт дальнейшей эксплуатации метрополитенов во всем мире показал, что пожары в них носят достаточно регулярный характер, и катастрофические последствия с массовой гибелью людей и большими материальными потерями могут произойти даже при соблюдении существующих правил пожарной безопасности.

Крупные пожары в тоннелях метрополитенов, как правило, сопровождаются выведением из строя подвижного состава и разрушением несущих конструкций тоннелей. По зарубежным данным, обрушение несущих конструкций тоннелей сильно осложняет тушение пожара и на срок от нескольких недель до нескольких месяцев разрушает транспортную магистраль, как это произошло в Берлине в 1972 г. В результате пожара подвижного состава, который продолжался в течение шести часов, произошло обрушение 120 м тоннеля мелкого заложения. Температура в верхней части тоннеля достигала 800–1000 °С.

10 июня 1981 г. произошел пожар подвижного состава на станции метро «Октябрьская» Московского метрополитена. Задержка начала тушения пожара составила примерно 3 часа, что привело к сгоранию пяти вагонов. Состав был отведен в тоннель соединительного пути. Из-за высокой температуры и плотного дыма отделение ГЗДС не смогло приблизиться к горящему составу ближе 40–50 м.

28 октября 1995 г. в вечерний «час пик» произошел пожар подвижного состава в перегонном тоннеле Бакинского метрополитена [1]. В результате остановки поезда в тоннеле на расстоянии 150–200 м от перрона и начавшейся паники среди пассажиров от огня и продуктов горения погибло 289 и ранено 269 человек.

На станции метрополитена южнокорейского города Тэгу 18 февраля 2003 г. также произошел пожар, в результате которого полностью сгорели два поезда, погибло 198 человек, более сотни обожженных и отравившихся дымом, несколько десятков человек пропало без вести.

Начиная со второй половины XX столетия в ряде зарубежных стран и в СССР были начаты исследования, позволившие перейти к научно-обоснованной системе обеспечения пожарной безопасности сооружений метрополитена.

В 1962 г. вышел в свет, как самостоятельный нормативный документ, Строитель-

ные Нормы и Правила по метрополитенам. В течение последующих лет противопожарные требования в СНиП «Метрополитены» уточнялись (в 1968, 1980 и 1985 гг.). В дальнейшем, в положения СНиП II-40-80 «Метрополитены» были внесены изменения, а в 1988 г. противопожарные требования были полностью пересмотрены. В 1992 г., в соответствии с постановлением Госстроя СССР от 29.12.1988 г. № 263, отдельные главы СНиП были вновь пересмотрены и, после утверждения Государственной корпорацией «Трансстрой» 26.06.1992 г. № МО-120, выпущено «Пособие по проектированию метрополитенов». В связи с этим глава СНиП II-40-80 приказом Минтранса России от 30.09.1992 г. № 228 была исключена из числа действующих нормативных документов.

Каждому изменению, внесённому в нормативные документы, предшествовало проведение научно-исследовательских работ. Обоснование требований пожарной безопасности метрополитенов в Советском Союзе в 1978 г. было поручено Ленинградскому филиалу ВНИИПО. Основными направлениями исследований являлись: исследование особенностей развития пожаров, пожаротушение, эвакуация и огнестойкость конструкций при пожарах в подземных сооружениях. Поскольку до этого времени, фактически, никто в СССР не занимался такими проблемами на профессиональном уровне, данные исследования стали основополагающими для последующих научных изысканий и разработок. Также актуальность исследований была подтверждена событиями с тяжелыми последствиями практически на всех типах объектов метрополитена.

Первым шагом в обеспечении пожарной безопасности было проведение объемного пожарно-технического обследования подземных сооружений метрополитена и разработка их классификации. В 1979 г. Ленинградским филиалом ВНИИПО МВД СССР была разработана «Классификация подземных сооружений метрополитенов по степени пожарной опасности», утвержденной в 1983 г. Управлением военизированной охраны МПС, в основу которой были положены данные о количестве горючих материалов, обращающихся в помещении или сооружении, интенсивности тепловыделения в случае возможного пожара и значимости помещения или сооружения в обеспечении перевозочного процесса. Основным показателем пожароопасности помещения являлась его пожарная нагрузка.

По результатам выполненной работы были даны рекомендации для снижения пожарной опасности подземных помещений метрополитена.

Разработке классификации предшествовало натурное исследование свыше 700 различных подземных сооружений и помещений Московского, Ленинградского, Бакин-

ского, Ташкентского, Тбилисского, Харьковского и Киевского метрополитенов.

В дальнейшем была создана экспериментальная база – сначала на полигоне в Кузнецком под Приозерском, затем в электродепо «Северное» и на территории Ленинградского филиала ВНИИПО для исследования особенностей развития пожаров подвижного состава в перегонном тоннеле, в эскалаторном тоннеле, в кабельном коллекторе и закономерностей распространения дыма на станциях метрополитена различного типа. Исследования проводились на уникальных установках, среди которых следует отметить натурный и крупномасштабный макеты перегонного тоннеля, натурный и крупномасштабный макеты эскалатора, крупномасштабный макет односводчатой станции и кабельного коллектора. В результате этих исследований определены такие параметры пожаров, как скорость распространения, интенсивность тепловыделения при горении, длительность, температурные режимы, закономерности распространения опасных факторов пожара и др.

В те же годы проводились исследования систем общеобменной вентиляции метрополитена. Были проанализированы существующие режимы работы шахт тоннельной вентиляции метрополитенов в случае возникновения пожара и выявлено, что некоторые режимы вентиляции не обеспечивают безопасную эвакуацию людей при возникновении пожара.

Основные результаты выполненной работы:

- получены количественные данные об аэродинамических сопротивлениях характерных участков подземных сооружений метрополитенов;
- выявлены закономерности изменения аэродинамического сопротивления тоннеля при возникновении в нём пожара в зависимости от скорости вентиляционной струи и температуры за очагом пожара;
- установлены значения тепловой депрессии для тоннельных участков различной длины и уклона от времени;
- разработана методика определения устойчивости вентиляционной струи при пожаре в тоннеле.

В результате проведенных экспериментальных и теоретических исследований была разработана программа по расчету аварийных режимов работы вентиляции при пожаре, обеспечивающих безопасную эвакуацию пассажиров при пожаре в подземных сооружениях метрополитена.

В 1981 г. была проведена разработка научно-обоснованных норм по оснащению первичными средствами пожаротушения подземных сооружений метрополитенов.

В середине 80-х гг. в Ленинградском филиале ВНИИПО МВД СССР была выполнена комплексная исследовательская программа «Противопожарная защита подзем-

ных сооружений метрополитенов», результаты которой являются основой нормативных документов до сих пор. Благодаря внедрению вычислительной техники были широко применены аналитические методы исследования.

В рамках указанной программы:

- проведены исследования и разработаны методические указания по безопасной эвакуации людей и требования к эвакуационным выходам метрополитенов;
- разработан комплекс нормативно-технической и методической документации по обеспечению безопасной эвакуации людей из подземных сооружений метрополитенов;
- исследованы вопросы боевой работы подразделений пожарной охраны при тушении пожаров в подземных сооружениях метрополитенов и разработаны рекомендации по тактике тушения с учетом взаимодействия служб метрополитенов и пожарных подразделений.

Для достижения перечисленных целей были разработаны методики определения параметров гидравлического удара в напорных рукавных системах и моделирования движения пенных потоков по протяженным подземным сооружениям различного масштаба.

В 1986 г. были исследованы тактические приемы и способы тушения пожаров в основных подземных сооружениях метрополитенов. В рамках проведения НИР на территории Ленинградского филиала ВНИИПО был построен макет станции и проведен огневой эксперимент (рис. 1), исследованы процессы развития пожара на станциях и в тоннелях метрополитена, действия подразделений пожарной охраны при тушении, управление вентиляционными потоками при пожаре, радиосвязь в сооружениях метрополитена.

На основании анализа состояния вопроса, полигонных экспериментов на физических моделях, натуральных опытах определены рациональные режимы тоннельной вентиляции, а также схема расстановки и количество дымососов, обеспечивающих незадымляемость при тушении пожаров на электроподстанциях.

По итогам данной и ранее выполненных работ разработаны рекомендации по тактике тушения пожаров с учетом взаимодействия служб метрополитенов и пожарных подразделений в подземных сооружениях метрополитенов.

После пожара эскалатора на станции «Кингс-Кросс Сент-Панкрас» Лондонского метрополитена 18 ноября 1987 г., в результате которого погиб 31 человек, в Ленинградском филиале ВНИИПО в 1989–1990 гг. были проведены исследования пожарной безопасности эскалаторов, используемых в СССР. Результаты исследований параметров пожаров представляют существенный интерес, особенно в части влияния величины пожарной нагрузки на температурный



Рис. 1. Общий вид макета с подвижным составом при проведении огневого эксперимента

режим пожара. Огневые испытания выполнялись на макете масштаба 1:1 для эскалаторов серии ЭТ, оснащенных балюстрадой, выполненной из листов фанеры, облицованной пластиком, с удельной пожарной нагрузкой  $g = 420 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$  (в стандартном исполнении) и для этого же типа эскалаторов со сниженной пожарной нагрузкой ( $g \approx 240 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ ), балюстрада которых была изготовлена из негорючего материала – стальных листов.

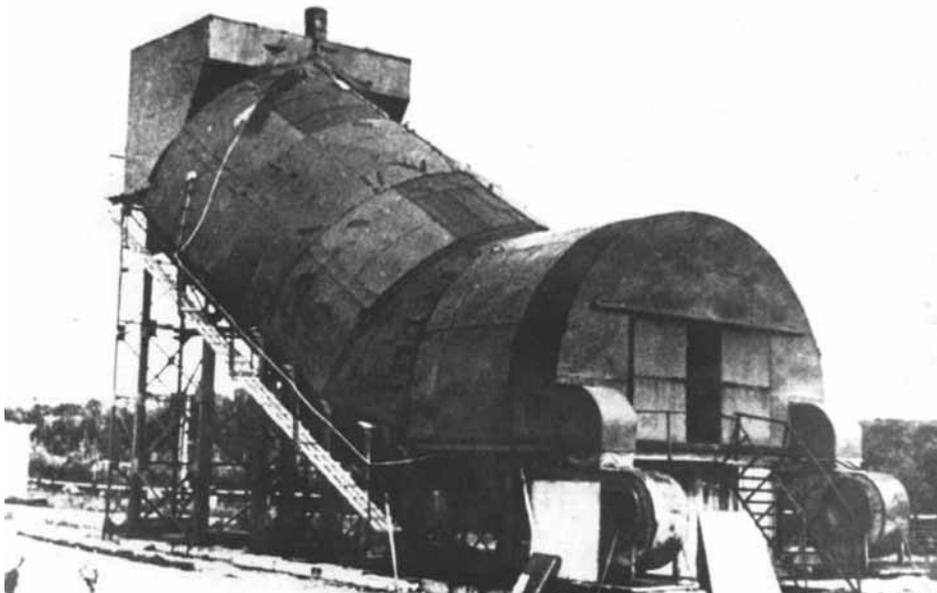
Испытания проводились на натурном макете эскалаторного тоннеля, длина которого составляла 12 м (рис. 2). Внутренний вид макета для огневых испытаний с тремя эскалаторами, оборудованными горючей балюстрадой, приведен на рис. 3. На рис. 4 пред-

ставлен вид этого же макета после завершения огневых испытаний.

По результатам эксперимента было установлено весьма удовлетворительное соответствие результатов математического моделирования пожара и результатов огневого эксперимента.

В 1987 г. в работе [2] был установлен удельный выход твердой фазы дыма, оксидов углерода и цианистого водорода при испытании в режиме горения ( $700 \text{ }^\circ\text{C}$ ) материалов вагонов метрополитена: огнезащитенной древесины, пластика ДБСП, линолеума, резины и др. Показана повышенная опасность пенорезины, виниловой искусственной кожи и изоляции проводов.

Рис. 2. Внешний вид макета для огневых испытаний в масштабе 1:1



Результаты натуральных экспериментов послужили в дальнейшем основой для последующих исследований в области пожарной безопасности метрополитенов.

В общем комплексе исследований вопросов противопожарной защиты метрополитенов одно из ведущих мест занимали работы, связанные с поиском эффективных методов тушения пожаров на подвижном составе, включая и разработку специальных средств пожаротушения применительно к условиям метрополитена.

Принципиальная возможность реализации способа дистанционно-объемного тушения пожаров воздушно-механической пеной высокой кратности применительно к тоннельным сооружениям метрополитена доказана в работе, где определены гидродинамические параметры процесса перемещения пенного потока по тоннелю метрополитена и получены эмпирические зависимости для расчёта основных энергетических параметров сред, реализующих данный метод.

В работе [3] определено наиболее эффективное применение материалов отделки салона вагона с учётом критериальных значений характеристик пожарной опасности.

В нормативные документы были введены требования к материалам отделки помещений метрополитена и подвижного состава. Противопожарные требования к материалам облицовки салонов вагонов метрополитена сформулированы на основании экспериментальных данных развития пожара в вагонах метрополитена, оснащенных тремя видами облицовки салона [4].

На основе анализа распространения огня из кабины управления и подвагонного оборудования в пассажирский салон, были предложены огнезадерживающие конструкции перегородки, отделяющие кабину машиниста от пассажирского салона и пола, которые испытаны на огнестойкость при воздействии реального режима пожара, предложены ограждающие конструкции, способные противостоять огню до полного выгорания пожарной нагрузки.

В огневых опытах на натуральных вагонах исследована динамика нарастания опасных факторов пожара и установлено необходимое время эвакуации. С участием курсантов пожарной школы выполнены по определению времени эвакуации при пожаре подвижного состава в перегонном тоннеле. Определено необходимое количество дополнительных эвакуационных выходов в зависимости от необходимого времени эвакуации.

На основе огневых экспериментов в тоннелях и на станциях метрополитена и анализа статистических данных по пожарам в метро получены зависимости изменения во времени опасных факторов пожара на путях эвакуации и определены требования к параметрам вентилятора,

обеспечивающего безопасные условия на путях эвакуации.

Рассмотрены критериальные значения индекса распространения пламени, коэффициента горючести и показатели токсичности, обеспечивающие условия безопасной эвакуации пассажиров и полученные на основе критических значений температуры и концентраций токсичных веществ, образующихся в тоннеле метрополитена при горении материалов отделки в кабине управления вагоном. Установлено, что при пожаре подвагонного оборудования опасные факторы пожара в тоннеле не превышают предельно допустимые значения.

В работе [5] были проведены теоретические и экспериментальные исследования поведения водопровода из полиэтиленовых труб в условиях пожара подвижного состава метрополитена в перегонном тоннеле, проанализированы тактические действия пожарной охраны и служб метрополитена при тушении пожара и разработаны рекомендации по применению пластмассовых труб для тоннельного водопровода, с учетом особенностей организации работ по тушению. Определена зависимость длины зоны разрушения пластмассового водопровода от времени, начиная от места расположения очага пожара в направлении движения воздушного потока.

В качестве руководящих документов для создания условий обеспечения безопасной эвакуации пассажиров при пожаре в метрополитенах Ленинградским филиалом ВНИИПО были разработаны методические указания по расчету аварийных режимов вентиляции на метрополитенах.

При расчёте аварийных режимов вентиляции необходимо учитывать влияние возникающей при пожаре тепловой депрессии на устойчивость воздушных потоков. Значение тепловой депрессии в тоннеле или переходе между станциями пересадочного узла должно быть преодолено системой тоннельной вентиляции. Формулы для расчета критерия устойчивости воздушного потока приведены в работе [6], для расчета тепловой депрессии пожара  $h_{т3}$ , создаваемой на путях эвакуации (эскалаторе, лестничных сходах) – в работе [7].

Определение устойчивости потока осуществляется на основе ряда вычислительных экспериментов. Разработанная математическая модель пожара подвижного состава в перегонном тоннеле при нисходящем проветривании, позволяет получить значение скорости потока, достаточное для предотвращения его опрокидывания вследствие тепловой депрессии пожара.

В работе [8] определены значения скорости нисходящего потока, предотвращающего распространение дыма во встречном направлении для станций пяти типов. Приведена методика физического моделирования пожара фрагмента вагона метро-

политена, представлена схема экспериментальной установки. На основании проведенных исследований получены результаты газодымообразования.

Были проведены исследования динамики формирования опасных факторов пожара (ОФП). Результаты исследований использовались при подготовке требований к безопасной эвакуации пассажиров со станций метрополитена. Разработанная методика может также использоваться для регламентации пожарной нагрузки подвижного состава по фактору газодымообразования.

Изложена методика аэромоделирования пожара подвижного состава в тоннеле метрополитена, приведены результаты исследования устойчивости вентиляционного потока на аварийном участке.

Определены значения необходимого времени эвакуации (НВЭ), а также получена расчетная формула НВЭ для четырех различных типов станций метрополитена в различных режимах вентиляции станционного узла. НВЭ определялось периодом нарастания ведущего опасного фактора пожара (ОФП) до критического значения на маршруте «станция – эскалаторный тоннель» при горении подвижного состава. На основании полученных результатов разработаны требования к безопасной эвакуации пассажиров со станций метрополитенов.



Рис. 3. Внутренний вид макета до проведения огневых испытаний

В работах 1994–1997 гг. [9] была произведена сравнительная оценка условий эвакуации при пожаре в одно- и двухпутном тоннелях метрополитенов. Как показали результаты расчетов, наиболее безопасной является эвакуация пассажиров в двухпутных тоннелях по сравнению с однопутными. При определении расчетного времени эвакуации были взяты значения параметров движения людей, полученных в работе.

Рис. 4. Внутренний вид макета после проведения огневых испытаний



Проведена разработка экспериментальных устройств системы пожаротушения подбалюстрадного пространства эскалаторов, тупиков отстоя и оборота подвижного состава метрополитенов.

Богатый экспериментальный материал позволил разработать сложные математические модели развития пожара в перегонном и эскалаторном тоннелях, модели распространения дыма на станции и смежных сооружениях, а также специализированное программное средство для расчета вентиляционных сетей метрополитена и ряд нормативных документов. В 1998–2005 гг. в Санкт-Петербургском филиале ВНИИПО были разработаны:

- методика, позволившая провести расчетную оценку основных ОФП при пожаре торговых объектов, находящихся на станциях Петербургского метрополитена [10];

- экспресс-методика получения обобщенного показателя пожарной опасности торгового объекта, находящегося на станции метрополитена [10];

- методика расчета времени эвакуации пассажиров из остановившегося в тоннеле подвижного состава [11];

- определены параметры подачи высокократной пены по кабельным сооружениям при тушении пожаров [12];

- математическая модель и методика, позволяющая проводить расчетную оценку основных характеристик процесса задымления тоннеля [13];

- математическая модель и методика расчета определения параметров работы систем вентиляции и дымоудаления при пожарах в тоннелях, обеспечивающих безопасные условия эвакуации людей из опасной зоны тоннелей, включающие методологию формирования расчетных схем воздухораспределения в вентсетах при эксплуатационных и аварийных режимах работы, порядок определения и расчета параметров элементов вентсистем [13];

- методика определения пределов фактической огнестойкости основных несущих конструкций путевых тоннелей метрополитенов [14, 15];

- технические требования по противопожарной защите подвижного состава метрополитена;

- противопожарные требования строительных норм и правил «Метрополитены»;

- «Рекомендации по тушению пожаров в ПСМ» и некоторые другие.

Сотрудниками Санкт-Петербургского филиала ВНИИПО совместно с Ленметрогипротранс проведено категорирование помещений и сооружений Санкт-Петербургского метрополитена по взрывопожарной и пожарной опасности.

В 2008 г. в Санкт-Петербургском филиале ВНИИПО МЧС России был воссоздан отдел пожарной безопасности метрополитенов и транспортных тоннелей, деятельность ко-

торого направлена на разработку нормативной документации по пожарной безопасности метрополитена и оценку условий безопасной эвакуации из сооружений и тоннелей метрополитена.

В 2011 г. сотрудниками отдела была выполнена работа по совершенствованию ППБ-01-03 – существенно переработан раздел «Метрополитены» в Правила пожарной безопасности с учетом специфики эксплуатации и реконструкции объектов подземного транспорта. В работе рассмотрены проблемы, связанные с появлением объектов попутного обслуживания пассажиров метрополитена – рекламной и торговой деятельностью. Внесены требования, регламентирующие пожарную безопасность в части инженерно-технических устройств, электро- и мотодепо, подвижного состава, средств связи, сигнализации, оснащению первичными средствами тушения помещений и подвижного состава метрополитена.

Созданный за многие годы исследований научный задел позволяет в настоящее время решать, практически, любые задачи в области пожарной безопасности метрополитенов, а также других подземных объектов.

#### Ключевые слова

Пожарная безопасность, требования пожарной безопасности, история, метрополитен.

*Fire safety, fire safety requirements, history, underground.*

#### Список литературы

1. Титков В. Эхо бакинской трагедии. Пожарное дело. № 2, 1996 г., с. 16–20.
2. Красников А. В., Кулев Д. Х., Федоров А. И., Титцович А. В. Состав продуктов горения основных материалов вагонов метрополитена. // Противопожарная защита подземных сооружений метрополитенов. – М.: ВНИИПО, 1986, с. 5–8 (рус.)
3. Провести исследование и разработать рекомендации по повышению огнестойкости конструкций и требования к показателям пожарной опасности материалов отделки вагонов метрополитена (заключительный). Отчет о НИР / ЛФ ВНИИПО МВД СССР; Руководитель В. П. Беляцкий. – ПЛ5.Н.004.86 (раздел 1) Части 1–3 – Л, 1988 – 198 с.
4. Беляцкий В. П., Махин В. С., Бакинов И. Г. Развитие пожара в подвижном составе метрополитена // Пожар. опасность подвижного состава метрополитенов и ж. д. – М., 1990 – с. 26–29 (рус.)
5. Голиков А. Д., Чучин Н. Н., Лесин С. Н. Применение пластмассовых труб для пожарного водоснабжения тоннелей метрополитена // Пожаровзрывобезопасность – 1993, № 2 – с. 62–65 (рус.)
6. Руководство по выбору эффективных режимов проветривания шахт при авариях/ Болбат И. Е., Бухтий Н. В., Гладков Ю. А.

и др. – Донецк: ВНИИГД Минуглепрома СССР, 1986. – 132 с.

7. Провести исследования тактических приёмов и способов тушения пожаров в основных подземных сооружениях метрополитенов и разработать рекомендации по их применению подразделениями пожарной охраны. Отчет о НИР (заключительный) / ВНИИПО. Руководитель В. П. Беляцкий – П. Л5.Н. 001. 86 – М., 1986.

8. Ильин В. В. Дымоудаление со станций метрополитенов при пожаре // Международный симпозиум по проблемам прикл. геол., горн. науки и пр-ва, С.-Петербург, 1993. Безопас. горн. работ. Новые технологии добычи полезных ископаемых (подзем. разраб. полез. ископаемых): Тез. докл. – СПб, 1993 – С. 37–40 (рус.)

9. Тиснек В. Н. Сравнительная оценка условий эвакуации при пожаре в одно- и двухпутном тоннелях метрополитенов // Актуальные проблемы пожарной безопасности на транспорте: Сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО МВД РФ, 1994. – с. 132–136.

10. Вагин А. В. Методика оценки и способы снижения пожарной опасности торговых объектов на станциях метрополитена. Диссертация кандидата технических наук // СПБИГПС – СПб, 2005 г. – 133 л.

11. Зычков Э. А. Закономерности процессов эвакуации людей при пожаре подвижного состава в тоннеле метрополитена. Диссертация кандидата технических наук // СПБИГПС – СПб, 1998 г. – 184 л.

12. Дибров С. В. Дистанционная подача высокократной пены по кабельным сооружениям при тушении пожаров. Диссертация кандидата технических наук // Академия ГПС – СПб, 2004 г. – 200 л.

13. Чижиков В. П. Обеспечение безопасной эвакуации людей при пожарах в транспортных тоннелях. Диссертация кандидата технических наук / СПбУ МВД России – СПб, 2002 – 139 л.

14. Голиков А. Д., Черкасов Е. Ю., Данилов А. И., Сиваков И. А. Предел огнестойкости чугунных тоннельных обделок без огнезащитных покрытий. // Пожаровзрывобезопасность, 2014 – спецвыпуск – с. 45–52 – Рус.; рез. англ.

15. Черкасов Е. Ю. Разработка метода определения фактических пределов огнестойкости основных несущих железобетонных конструкций путевых тоннелей метрополитена. Диссертация кандидата технических наук: 05.26.03 // Санкт-Петербургский университет МВД России – СПб, 1999–137 с.

#### Для связи с авторами

Голиков Александр Дмитриевич  
golikad@mail.ru  
Агеев Павел Михайлович  
pageev@rambler.ru  
Черкасов Евгений Юрьевич  
cherkasovspb@inbox.ru  
Рощина Янина Владимировна  
vniipo-metro7@mail.ru

# С НАМИ СТРОИТЬ ЛЕГКО!



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО  
подземных частей технически сложных  
и уникальных объектов:**

подземные автостоянки;  
транспортные развязки;  
гидротехнические сооружения

**ОГРАЖДЕНИЕ КОТЛОВАНОВ**

**ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ**

**УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ**

**ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ  
на памятниках истории и архитектуры**



реклама



реклама

г. Пермь, ул. Кронштадтская, 35 тел.факс: (342) 236 90-70

ИЖЕВСК ::::: (3412) 56-62-11	САМАРА ::::: (846) 922-56-36
КРАСНОДАР ::::: (861) 240-90-82	САНКТ-ПЕТЕРБУРГ : (812) 923-48-15
КРАСНОЯРСК ::::: (391) 208-17-15	ТЮМЕНЬ ::::: (3452) 74-49-75
КАЗАНЬ ::::: (843) 296-66-61	УФА ::::: (917) 378-07-48
МОСКВА ::::: (495) 643-78-54	ЧЕЛЯБИНСК ::::: (351) 223-24-53



**ОАО «НЬЮ ГРАУНД»**

[www.new-ground.ru](http://www.new-ground.ru)  
[info@new-ground.ru](mailto:info@new-ground.ru)



# РОССИЙСКОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО И ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОГНЕСТОЙКОСТИ ТОННЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

## RUSSIAN LEGISLATION ABOUT FIRE RESISTANCE OF TUNNEL CONSTRUCTIONS

С.П. Антонов, компания «ПРОЗАСК» (Прогрессивная защита строительных конструкций)

S. P. Antonov, «PROZASK»

Мировой опыт пожаров в тоннелях показывает, что бетон разрушается и теряет свои несущие свойства. Российское законодательство требует проведения огневых испытаний, в том числе и железобетонных конструкций под проектной нагрузкой.

*Russian legislation requires to pass special fire tests of construction under project loading.*

*We offer to use special additive in concrete, polypropylene fiber against of explosive spalling, to rich high result of test.*

### Введение

Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ практически не делает различий между конструкциями подземными, наземными и прочими (рис. 1). Если вы проектируете или возводите строительную конструкцию, то должны определить для нее пределы огнестойкости. В статье 87 пункт 9 123-ФЗ указано, что «пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций должны определяться в условиях стандартных испытаний».

Пункт 10 этой же статьи разрешает определять огнестойкость и расчетно-аналитическим способом, но только для «строительных конструкций, аналогичных по форме, материалам, конструктивному исполнению строительным конструкциям, прошедшим огневые испытания».

Что же такое «стандартные испытания» и какими ГОСТами они регулируются?

Есть целый перечень нормативных документов, введенных в действие распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 июня 2015 г. № 1092, в котором указано: «Утвердить прилагаемые изменения, которые вносятся в перечень национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и осуществления оценки соответствия, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 марта 2009 г. № 304-р (Собрание законодательства Российской Федерации, 2009, № 11, ст. 1363; 2011, № 5, ст. 762)».

В разделе «Пожарно-техническая классификация строительных конструкций и

противопожарных преград» этого перечня к интересующим нас документам относятся, например:

- 57. ГОСТ 30247.0-94 (ИСО 834-75) «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования»;

- 58. ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции» (рис. 2);

- 59. ГОСТ 30403-2012 «Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности»;

- 60. ГОСТ 31251-2008 «Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны»;

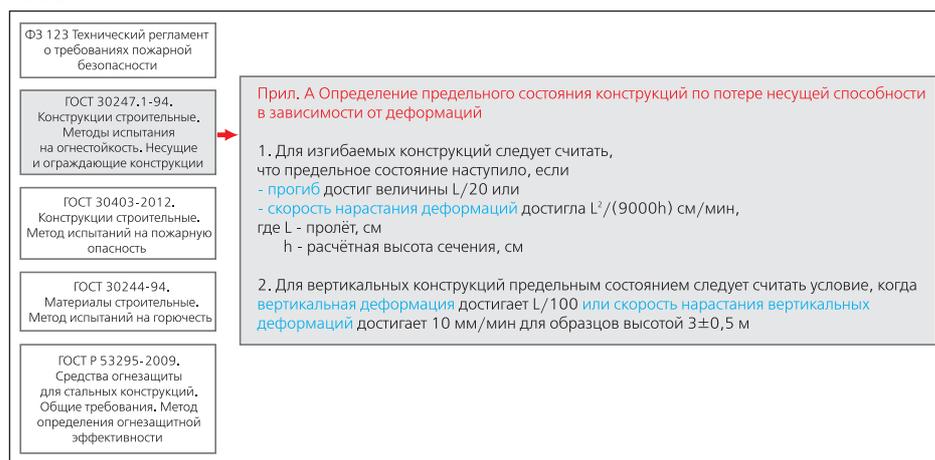
- 66. ГОСТ Р 53309-2009 «Здания и фрагменты зданий. Метод натурных огневых испытаний. Общие требования»;

- 68. ГОСТ Р 55896-2013 «Конструкции строительные. Двери для заполнения про-



Рис. 1

Рис. 2



емов в ограждениях шахт лифтов. Метод испытаний на огнестойкость»;

• 105. ГОСТ Р 53295-2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности».

Согласно этому перечню, все несущие и самонесущие конструкции должны пройти огневые испытания по ГОСТ 30247.1 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции», а именно с учетом того, что в п. 7.2.1 указано: «Образцы несущих и самонесущих конструкций должны испытываться под нагрузкой».

Изучив внимательно эти документы, можно увидеть, что в применении данного 123-ФЗ (с учетом перечня национальных стандартов) существуют две проблемы по огнезащите: стальных конструкций и железобетонных.

### Огнезащита стальных конструкций

Согласно требованиям 123-ФЗ все огнезащитные материалы сертифицированы по ГОСТ Р 53295-2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности».

Обратите внимание, что п. 1 данного ГОСТ гласит: «Настоящий стандарт не распространяется на определение пределов огнестойкости строительных конструкций с огнезащитой».

Таким образом, наличие сертификатов об огнезащитной эффективности покрытий является обязательным, но, естественно, не может применяться для определения пределов огнестойкости конструкций!

Простейший пример: три одинаковых стальных колонны защищаем с помощью одной и той же огнезащитной краски толщиной 1 мм. Приложим к ним разные вертикальные нагрузки: 20, 25 и 30 т. Колонны одновременно нагреваются до 500 °С (т. к. защищены одной и той же краской с определенной огнезащитной эффективностью), но «сломаются» они в разное время (первой не выдержит усилий, естественно, колонна с максимальной нагрузкой). В итоге, хотя испытания по ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции» некоторыми считаются и необязательными, без них невозможно доказать пределы огнестойкости конструкций.

МЧС РФ в 2016 г. в своём заключении № 19-2-12-1715 сделало разъяснения по этому поводу, где говорится: «Таким образом, в случае аналогичного конструктивного исполнения строительных конструкций, прошедших испытания, а также проектных напряжений и условий опирания, что соответствующим образом обосновано в проектной документации, допускается использовать расчетно-аналитические методы. При этом яв-

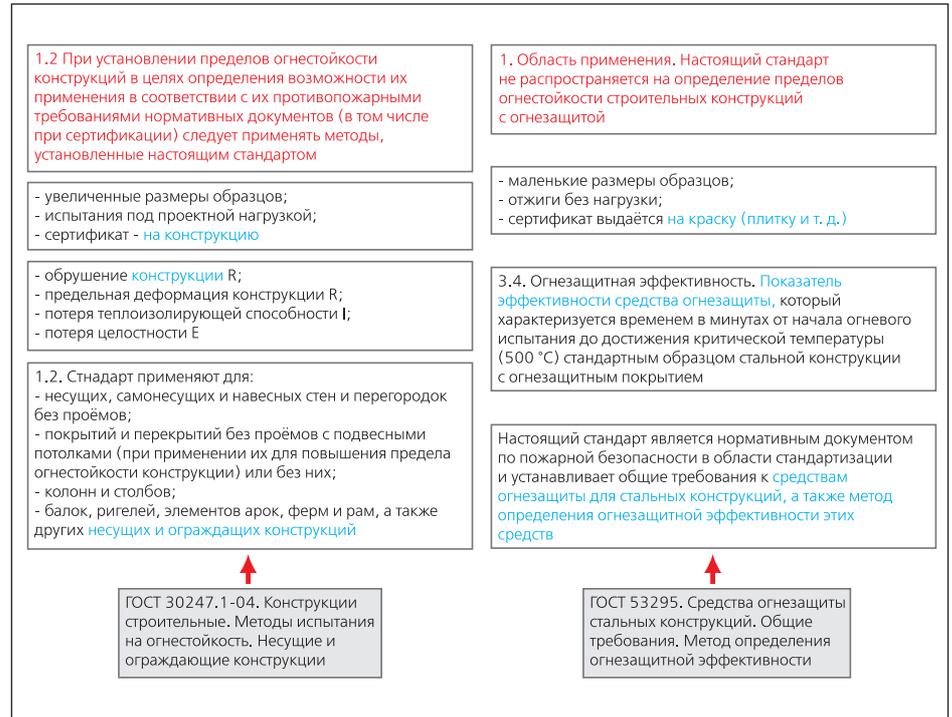


Рис. 3

ляется обязательным наличие отчетов по проведенным испытаниям несущих и ограждающих строительных конструкций на огнестойкость по ГОСТ 30247.1, на основании которых делается расчетная оценка».

На приведенном рис. 3 видна существенная разница между тем, как проводятся испытания по ГОСТ 30247.1-94 и ГОСТ Р 53295.

И первая проблема заключается в том, что практически никто из производителей строительных конструкций и огнезащитных материалов таких испытаний под нагрузкой не делает, а органы экспертизы практически не обращают на это внимания!

### Повышение огнестойкости железобетонных конструкций

Она же, в свою очередь, практически выведена из правового поля по проведению огневых испытаний, и все проектные и экспертные организации принимают в виде доказательства огнестойкости конструкций только лишь теплотехнические расчеты.

Существующие ссылки на давнишние огневые испытания железобетонных конструкций, проведенные, например, во ВНИИПО МЧС или ЦНИИСК 20–30 лет назад, нам кажутся не совсем корректными, потому что они доступны только в теоретическом виде, например, СТО 36554501-006-2006 НИЦ «Строительство».

Обратите внимание, что это не Государственный стандарт, обязательный к применению, а лишь СТО – внутренний документ организации. Кроме того, на достаточность данных расчетов указывает и 123-ФЗ, требующий проведения огневых испытаний.

Известно, что объекты подземного строительства, в том числе транспортного, характеризуются повышенной пожарной опасностью, что объясняется возникновением, например, «тоннельного» эффекта при пожаре, наличием большого количества легковоспламеняемых, горючих веществ и пр.

Температура в очаге пожара, уже спустя пять минут горения, может достигать 1000 °С. В практике строительства широкое распространение получили бетонные и металлические конструкции, обладающие высокой прочностью, относительной легкостью и долговечностью.

Несущие конструкции подземных сооружений и тоннелей должны относиться к группе НГ – негорючим.

Однако под воздействием высоких температур при пожаре они деформируются, теряют устойчивость и несущую способность. Деформация и потеря несущей способности в результате пожара бетонных, стальных балок и ферм вызывают обрушения покрытий, перекрытий и даже целиком сооружений.

Установлено, что при реальных пожарах данные показатели изменяются в большом диапазоне, так как зависят от многих факторов, таких как количество и тип пожарной нагрузки, размеры и конфигурация помещения и строительных конструкций, наличие систем вентиляции и дымоудаления и т. д.

Наиболее высокая температура (до 1300 °С) отмечалась даже во время «опытных» пожаров с небольшой мощностью горения.

Вот, например, небольшой печальный список пожаров в тоннелях, которые привели не только к практическому разруше-



Рис. 4. Пожар в поезде на подземной станции DAEGU, 2003 г.



Рис. 5. CHANNEL TUNNEL, Франция – Англия, 2008



Рис. 6. TUNNEL MONT BLANC, Франция – Италия, 1999



Рис. 7. GOTTHARD ROAD TUNNEL, Швейцария, 2001

нию конструкций, но и к жертвам среди населения.

1. DAEGU подземная станция, 2003 (рис. 4).  
Причина: пожар двух остановившихся на станции поездов.

Последствия: 196 погибших и 147 пострадавших.

Повреждения: структурные повреждения бетона и оборудования.

2. CHANNEL TUNNEL – Франция – Англия, 2008 (рис. 5).

Причина: пожар автомобиля.

Последствия: 14 пострадавших.

Повреждения: 650 м обделки тоннеля.

Потери: 60 млн евро.

3. TUNNEL MONT BLANC, Франция – Италия, 1999 (рис. 6).

Причина: механическое повреждение автомобиля.

Последствия: 39 погибших.

Повреждения: 700 м тоннеля.

Потери: 600 млн евро.

4. GOTTHARD ROAD TUNNEL – Швейцария, 2001 (рис. 7).

Причина: ошибка водителя, столкновение двух автомобилей с последующим пожаром.

Последствия: 11 погибших.

Повреждения: обделка тоннеля и оборудование.

### Температурные зависимости

Данные о температуре на реальных пожарах были положены в основу температурных режимов, принятых стандартами ряда государств для огневых испытаний строительных конструкций. Наиболее известные стандартные температурные зависимости, принятые в различных странах, представлены на рис. 8.

Международной организацией по стандартизации была рекомендована единая стандартная температурная кривая (ЕТК) для испытаний на огнестойкость строительных конструкций (см. рис. 8), которая до настоящего времени используется в нашей стране.

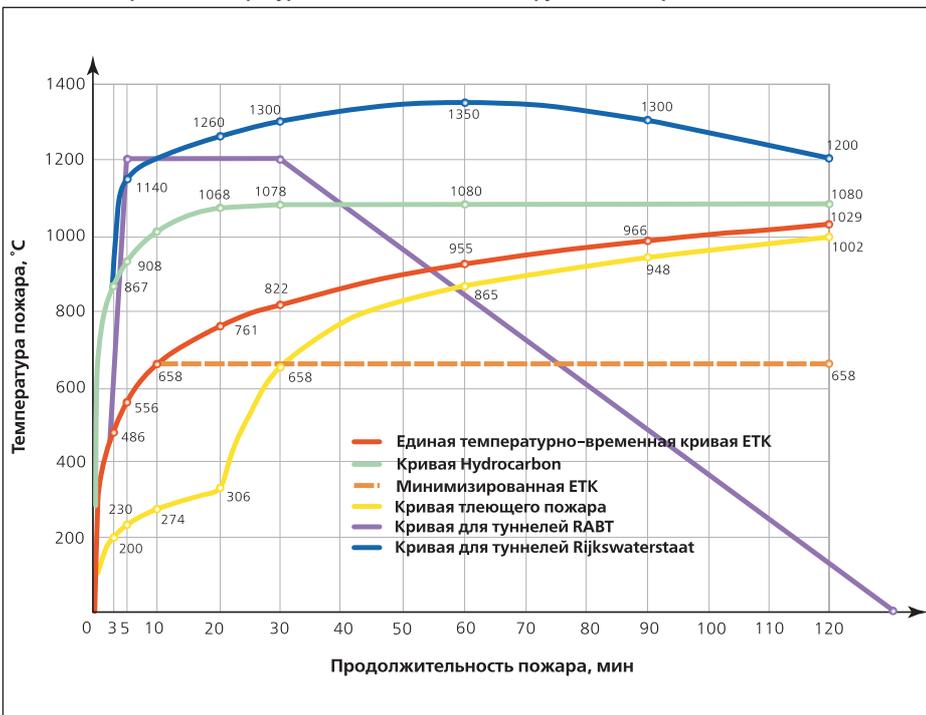
Температурная кривая «стандартного пожара» используется как при испытаниях, так и при расчетах конструкций на огнестойкость. Однако учитывая специфику возникновения и распространения пожара в зданиях различного назначения, часто прибегают к необходимости использования других температурных зависимостей, отражающих процесс горения для конкретных сценариев (см. рис. 8). Так, например, были утверждены так называемые тоннельные кривые, которые разрабатывались с учетом повышенной температуры и продолжительности горения в тоннелях.

Таким образом, учитывая разнообразие стандартных методик расчета температурных режимов, а также широкий спектр реальных показателей пожаров, необходим дифференцированный подход при задании граничных условий для расчета строительных конструкций на огнестойкость.

Разработка проектов зданий и сооружений тоннельного комплекса связана с повышенными требованиями по обеспечению мер пожарной безопасности. Для этого требуется оценка огнестойкости строительных конструкций объекта и, при необходимости, разработка мер по снижению пожарной опасности сооружений.

Вторая проблема состоит в том, что конструкции подземных сооружений «не отжигаются» под нагрузкой не только при воздействии особых условий развития пожаров, но даже и при стандартных условиях.

Рис. 8. Стандартные температурные зависимости, моделирующие пожары



Обратимся еще раз к требованиям Федерального закона № 123-ФЗ, согласно которому статья 35 гласит: «Пределы огнестойкости строительных конструкций определяются в условиях стандартных испытаний. Наступление пределов огнестойкости несущих и ограждающих строительных конструкций в условиях стандартных испытаний или в результате расчетов устанавливается по времени достижения одного или последовательно нескольких из следующих признаков предельных состояний:

1) потеря несущей способности (R);

2) потеря целостности (E);

3) потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений (I) или достижения предельной величины плотности теплового потока на нормируемом расстоянии от необогреваемой поверхности конструкции (W).

3. Предел огнестойкости для заполнения проемов в противопожарных преградах наступает при потере целостности (E), теплоизолирующей способности (I), достижения предельной величины плотности теплового потока (W) и (или) дымогазонепроницаемости (S).

4. Методы определения пределов огнестойкости строительных конструкций и признаков предельных состояний устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности».

Какими должны быть эти параметры?

Пределы огнестойкости конструкций метрополитенов, например, указаны в СП.120.13330.2012 «Метрополитены» (рис. 9).

В случаях других сооружений, где огнестойкость конструкции не указана в соответствующих СП, она должна указываться в проектной документации на основании проведенных расчетов или разработанных СТУ.

### Как правильно провести испытания по определению пределов огнестойкости конструкций

Обратимся к требованиям ГОСТ 30247.1-94. Стандарт применяют:

- для несущих, самонесущих и навесных стен и перегородок без проемов;
- покрытий и перекрытий без проемов с подвесными потолками (при применении их для повышения предела огнестойкости конструкции) или без них;
- колонн и столбов;
- балок, ригелей, элементов арок, ферм и рам, а также других несущих и ограждающих конструкций.

При установлении пределов огнестойкости конструкций в целях определения возможности их применения в соответствии с противопожарными требованиями нормативных документов (в том числе при сертификации) следует применять методы, установленные настоящим стандартом. В настоящем стандарте применяют следующие термины.

Наименование строительной конструкции	Предел огнестойкости не менее
Обделки платформенных и среднего залов станций, тоннелей, пристанционных и притоннельных сооружений	R 90
Обделки перегонных и тупиковых тоннелей	R 90
Обделки эскалаторных тоннелей и вентиляционных стволов	R 60
Ограждающие и несущие конструкции вестибюлей станций	R 120
Ограждающие конструкции шахт лифтов для маломобильных групп населения	REI 60
Стены электроподстанций	R 90/E1 60
Стены, перекрытия кладовых горюче-смазочных и покрасочных материалов	REI 120
Стены лестничных клеток	R 120
Перегородки между путями в двухпутных тоннелях	E 145
Перегородки соединительных сбоек между тоннелями	E 145
Колонны станций	R 120
Косоуры, балки, марши, площадки лестничных клеток	R 60
Конструкции внутренних перекрытий станций: плиты балки	REI 60 R 60
Перекрытие кабельного и вентиляционно-кабельного отсека в эскалаторном тоннеле	REI 45
Несущие конструкции переходов над платформой и путями станции	R 120
Ограждающие перегородки переходов над платформой и над путями станции	EI 30

Рис. 9. СП.120.13330.2012 «Метрополитены»

«Несущие конструкции (элементы)» – конструкции, воспринимающие постоянную и временную нагрузку, в том числе нагрузку от других частей зданий.

«Самонесущие конструкции» – конструкции, воспринимающие нагрузку только от собственного веса.

### Образцы для испытаний конструкций по ГОСТ 30247.0

Образцы для испытаний конструкций должны соответствовать ГОСТ 30247.0 и иметь проектные размеры. Если образцы таких размеров испытать не представляется возможным, то минимальные размеры образцов и проемов печей принимают такими, чтобы обеспечить минимальные размеры зоны огневого воздействия на образец в соответствии с приведенными в табл.

Образцы несущих и самонесущих конструкций должны испытываться под нагрузкой. Распределение нагрузки и условия опирания образцов должны соответствовать расчетным схемам, принятым в технической документации. Испытательную нагрузку устанавливают из условия создания в расчетных сечениях образцов конструкций напряжений, соответствующих их проектным значениям или технической документации.

Пределные состояния определяются в результате огневых испытаний под нагрузкой.

В следующих статьях ГОСТ 30247.1-94 указаны параметры по определению огнестойкости:

«8.1 При испытании несущих и ограждающих конструкций различают следующие предельные состояния.

Таблица

Наименование конструкции	Минимальные размеры зоны огневого воздействия на образец, м		
	Ширина	Длина	Высота
Стены и перегородки	3,0	–	3,0
Покрытия и перекрытия, опирающиеся по двум сторонам	2,0	4,0	–
Покрытия и перекрытия, опирающиеся по четырем сторонам	2,8	4,0	–
Балки и другие горизонтальные стержневые конструкции	–	4,0	–
Колонны, столбы и другие вертикальные стержневые конструкции	–	–	2,5



Рис. 10. Бетон после воздействия пожара

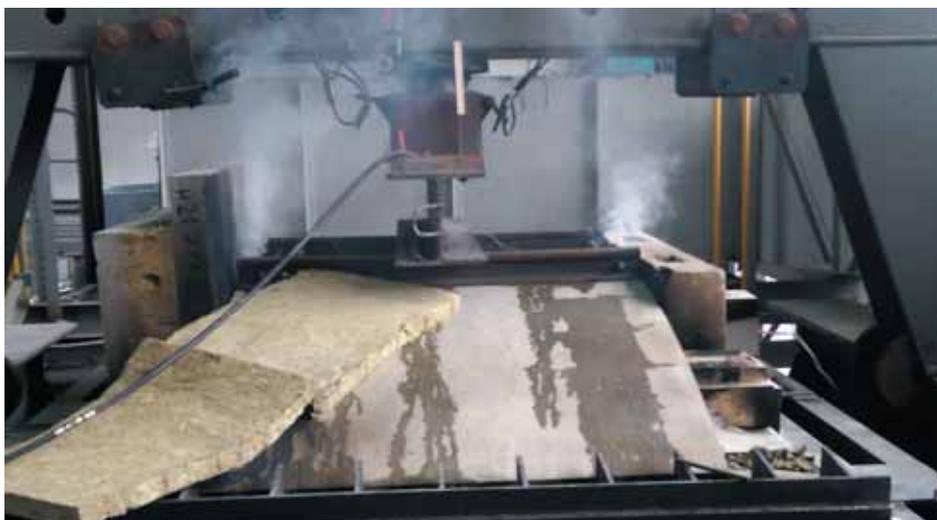


Рис. 11. Во время испытаний

8.1.1 Потеря несущей способности  $R$  вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций, значения которых приведены в приложении А (там указываются максимально допустимые прогибы конструкций или скорость нарастания деформации).

8.2 Для нормирования пределов огнестойкости несущих и ограждающих конструкций используют следующие предельные состояния:

- для колонн, балок, ферм, арок и рам – только потеря несущей способности конструкции и узлов  $R$ ;
- для наружных несущих стен и покрытий – потеря несущей способности  $R$  и целостности  $E$ , для наружных ненесущих стен –  $E$ ;
- для ненесущих внутренних стен и перегородок – потеря теплоизолирующей способности  $I$  и целостности  $E$ ;
- для несущих внутренних стен и противопожарных преград – потеря несущей способности, целостности  $R$ ,  $E$ ,  $I$  соответственно».

### Влияние полипропиленовой фибры на повышение огнестойкости бетонов

Учитывая возникновение процесса взрывного разрушения бетона во время пожара, рекомендуется использовать специальные огнестойкие марки бетонов.

Поведение бетона при пожаре определяется свойствами агрегатов и цементной матрицы, содержанием влаги, структурой пор и нагрузкой, в дополнение к скорости нагрева и достижению максимальной температуры.

Когда тепло проникает в бетон, это влияет на десорбцию влаги во внешнем слое, и основное количество водяного пара будет перемещаться к холодной части бетона и поглощаться в микропустотах, существующих в бетонной матрице. Если предел прочности бетона на разрыв не оказывается достаточным для сопротивления разрывным силам, образованным давлением паров, слои бетона будут «отстреливаться» с поверхности в результате взрывного разрушения.

В основном известно, что полипропиленовая фибра, расплавляясь под воздействи-

ем тепла пожара, снижает риск взрывного разрушения в бетонах высокой прочности.

На рис. 10 слева – обычный бетон после воздействия пожара, справа – бетон с добавлением фибры. Мы видим, что добавление в бетон специально обработанной фибры «PROZASK IGS» (определенного диаметра и длины) значительно повышает стойкость бетона ко взрывному разрушению и тем самым его огнестойкость.

Данная фибра расплавляется при температуре около  $+160\text{ }^{\circ}\text{C}$ , создавая микропоры и каналы в бетоне, через которые может мигрировать водяной пар. Таким образом, давление пара понижается, а внутренние напряжения в бетоне не достигают критических значений разрушения.

Департамент градостроительной политики города Москвы в 2015 г. принял заявку на разработку методических рекомендаций по повышению огнестойкости железобетонных конструкций, в том числе отделки метрополитена с применением добавки в бетон в виде полипропиленовой фибры.

За два года такими организациями как АО «Мосинжпроект», ОАО «НИИМосстрой», ОАО «ВНИИЖТ», ФГБУ ВНИИПО МЧС РФ и ООО «ИЦ ПРОЗАСК» была выполнена серьезная работа в этом направлении:

- проведена серия испытаний на соответствие бетонов требуемым параметрам после ввода в них фибры;
- проведена серия механических испытаний под проектной нагрузкой конструкций, выполненных из таких бетонов;
- осуществлены исследования по тепло-техническим характеристикам бетонов, в которые добавлена фибра;
- проведена серия огневых испытаний блоков под проектной нагрузкой, как того требует ГОСТ 30247.1-94;
- проведены механические и огневые испытания под нагрузкой конструкций со стеклопластиковой арматурой;
- разработан стандарт организации на применение фибры в бетонах с целью повышения их огнестойкости.

На некоторые конструкции в результате проведенных огневых испытаний (рис. 11) выданы заключения на предел огнестойкости R120.

Согласно существующему российскому законодательству вы можете использовать эти композиции бетона с фиброй в своих проектах. При этом на основании существующих протоколов испытаний и ФЗ-123 вы сможете производить конструкции и доказывать контролирующим органам, что эти конструкции имеют требуемые пределы огнестойкости.

### Ключевые слова

Огнестойкость конструкций, фибробетоны.

*Fire-resistance of constructions, Fiber Reinforced Concrete FRC.*

### Для связи с автором

Антонов Сергей Порфирьевич  
s.antonov@stalprotect.ru



## ЕЩЕ ОДИН СЮЖЕТ ПРО СТАНЦИЮ «МАЯКОВСКАЯ»

Е. М. Пашкин, доктор геолого-минералогических наук, профессор РГГРУ

**М**ои детство и юношество, как упомянуто в предыдущем очерке<sup>1</sup>, самым тесным и необычным образом были связаны с площадью Маяковского – и не только потому, что многие годы я находился в плену культурной атмосферы этого района Москвы, но и с тяжелыми воспоминаниями и переживаниями первых военных лет. Действительно, эти годы оказались для меня и многих мальчишек моего возраста, оставшихся в столице, в определенной степени судьбоносными. Позже я убедился, что больше всего обязан этим простым и значительным детским жизненным наблюдениям в трудные годы войны. Благодаря этому я стал свидетелем, а иногда и участником многих событий, которые долго хранились в моей памяти несвязанными между собой фактами, оставаясь невестребованными.

С годами эта разрозненная информация укладывалась в личные впечатления и предствления об отдельных событиях, достоверность которых подтвердилась позже связывающими их логикой и возможной вероятностью. Сравнивая факты, с которыми я знакомился в разные годы жизни, анализируя их, все больше обнаруживал в них смысловые совпадения. В первые месяцы войны, конечно, некоторые из них я не мог расценить так, как их можно было бы представить с годами. Подлинная связь раскрылась позже. Осенью 1941 года трудно было представить смысл бомбежек площади Маяковского, на которой не было никаких стратегических объектов. Но именно тогда на площадь было сброшено две бомбы: одна между кукольным театром и домом Ханжонкова, другая на дом Ханжонкова. Первая бомба, взорвавшись на поверхности, никоим образом не повлияла на сохранность станции «Маяковская»; вторая же, сброшенная поздно ночью, пробив лестничные марши черного хода дома Ханжонкова, пролежала до утра в подвале и только утром после сработки часового механизма взорвала всю фасадную часть здания. От этого взрыва у нас в квартире во всех окнах вылетели стекла. Установить какую-либо связь и смысл этих бомбежек было трудно.

Наш дом выходил на большую строительную площадку, на которой еще до войны началось возведение зданий будущего института «Моспроект» и института Генерального плана Москвы, а так же находилась венткамера, построенная при сооружении станции «Маяковская» для ее снабжения воздухом. Сейчас это сооружение встроено в здание института Генпланов и находится в его дворовой части. У стен венткамеры мы с ребятами проводили импровизированные военные игры с обязательным уничтожением немецких укреплений и живой силы противника.

Событие, произошедшее в один из дней конца октября 1941 года, было ярким и запомнившимся на всю жизнь, но долгое время не вписывающимся в какие-либо другие события того времени. Во время очередного разыгрывания нами успешного разрушения немецкой обороны, у стен венткамеры, с противоположной ее стороны, взлетела высоко в небо яркая ракета, осветив всю территорию венткамеры. И сразу же из-за нее появился мужчина и быстро побежал к подворотне, выходящей к кинотеатру «Москва».

Пуск ракеты днем стал неожиданным и подозрительным не только для нас и группы стоявших рядом местных хулиганов, осужденных еще до войны и выпущенных из тюрьмы для прощания с родными перед отправлением их на передовую под Москвой, но и для патрульных, дежуривших в это время на площади Маяковского. Увидев выбегающего из подворотни подозрительного человека, патрульные устремились навстречу к нему, после чего началась погоня с выстрелами. Убежавший пытался скрыться среди домов нашего двора. И вот в этот момент произошла самая захватывающая сцена в этой истории. Заметив убегающего шпиона (а это было в нашем сознании именно так), пытающегося уйти от преследования, один из стоявших рядом хулиганов, несмотря на стрельбу, резко устремился ему наперерез и бросился в ноги убежавшему. Шпион упал, началась схватка, и в этот момент подоспели патрульные, его связали и повели к подворотне, где уже ожидал «воронок» – шпиона впихнули в него и увезли.

Конечно, тогда дать какое-либо объяснение этому минутному событию было невозможно. Возникло много вопросов. Зачем днем в ясную погоду в конце октября 1941 года необходимо было запускать ракету и почему именно вблизи венткамеры станции «Маяковская»; почему выстрелив из ракетницы, человек пытался тут же скрыться; почему на все это так быстро отреагировали патрульные. Все эти вопросы оставались без ответа долгое время. Дело в том, что Москва почти до конца 1944 года была затемненным городом, и ее небо с начала войны до знаменитого первого салюта в честь освобождения Курска и Орла в августе 1943 года ни разу не освещалось ракетами. Время и место запуска ракеты были выбраны неслучайно. Конец октября, это время, когда неудачно под Москвой закончился пресловутый немецкий блицкриг; провалилась надежда на спровоцированную немцами в Москве панику 16 октября, когда в город прибыла подготовленная сибирская дивизия для защиты столицы, и вра-



Заседание ЦК ВКПб, 6 ноября 1941 г.

га особенно раздражала информация о ликвидации приказа по затоплению Московского метрополитена на случай сдачи города. В этой ситуации противник меняет тактику победного завершения войны. Она сводилась к физической ликвидации руководителя страны И. В. Сталина. Немецкое руководство знало о том, что он и многие члены правительства находятся в Москве. Охота за Сталиным велась особенно направленно. Немцы знали, на какие участки фронта под Москвой он мог выехать. Но все эти попытки оказались безуспешными. Оставалась одна надежда – как одним ударом ликвидировать оставшееся в Москве руководство страны во главе со Сталиным. Фашисты, безусловно, знали о готовящемся заседании ЦК ВКПб 6 ноября на самой глубокой в то время станции Московского метрополитена – «Маяковской». До этого они убедились, что глубина станции полностью обеспечивает ее сохранность от прямого бомбового удара, и решили использовать свой коварный план – сбросить бомбу в шахтный ствол венткамеры, расположенной вблизи торца станции, с использованием взрыва бомбы с часовым управлением, проверенным при сбрасывании подобной бомбы на дом Ханжонкова.

Но этим зловещим замыслом сбыться не удалось. Небо Москвы в эти дни было надежно защищено от немецких самолетов, а на следующий день – 7 ноября 1941 года – 75 лет тому назад по Красной площади прошли войска Красной армии, которые через месяц разбили немецкие войска под Москвой, и началось победное наступление наших войск на запад.

И то, что на станции «Маяковская» в трудные для Москвы дни прошло заседание Правительства и руководства страны создало огромную духовную поддержку в борьбе с фашистской Германией, и совершенно справедливо в память об этом событии перед входом на станцию установлена мемориальная доска.



<sup>1</sup> Пашкин Е. М. Станция «Маяковская» в моей жизни // Метро и тоннели. -2016. -№ 1. –С. 31.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА СВАРНЫХ АРМАТУРНЫХ КАРКАСОВ ДЛЯ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ

## AUTOMATION OF THE WELDING REINFORCING CAGES PRODUCTION FOR THE TUNNEL LINING

А. Г. Михайлов, генеральный директор ООО «Вебер Бауэр», Москва

A. G. Mikhailov, General director LLC «Weber Bauer», Moscow

**В статье описывается технология производства объемных арматурных каркасов, применяемых ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург, при изготовлении сегментов тоннельной обделки. Рассматривается конструкция объемных каркасов и этапы их производства. Приводится перечень используемого оборудования.**

*In the article the production of 3D reinforcing cages is described, which were used by PTC «Metrostroy», Sankt-Petersburg, for the production of the tunnel lining segments. The construction of the 3D cages and their production stages are given. The used equipment is cited.*

### Обделка для двухпутного тоннеля

По заказу ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург, был изготовлен тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК) S-782, который осуществляет строительство тоннелей метрополитена диаметром 10,3 м. В тоннеле, проложенном с помощью данного оборудования, размещаются сразу два пути для обеспечения прохода поездов в двух направлениях.

Производство сегментов тоннельной обделки для двухпутного тоннеля осуществляется в формах на новой карусельной линии производства Herrenknecht Formwork (Германия). После чистки форма перемещается на пост армирования. В форму при помощи монорельса, соединяющего арматурный и формовочный участки, устанавливается готовый объемный армокаркас. После этого форма собирается и оснащается закладными деталями и пустотообразователями перед бетонированием.



Арматурная сталь диаметром до 22 мм



Сварочные узлы Preflex (AWM)

### Производство арматурных каркасов

Армокаркасы производятся на комплексе арматурного оборудования производства итальянской компании AWM, поставка которого была осуществлена компанией «Вебер Бауэр» (Москва).

Каркас под тоннельную обделку представляет собой объемную конструкцию, образованную двумя гнутыми рабочими сетками, между которыми устанавливается несколько

криволинейных сварных каркасов, которые работают как ребра жесткости.

Основания объемного каркаса (места стыка сегмента кольца обделки с соседними сегментами) армируются дополнительно малыми сетками с технологическими проемами для установки закладных деталей и пустотообразователей.

Составные элементы объемного каркаса – две гнутые рабочие сетки, малые тор-

### Пост гибки сварных сеток



### Правильно-отрезной станок AWM





Поворотная гильотина станка TNL резки криволинейных каркасов



Мобильные сварочные головки машины Preflex (AWM)

цевые сетки, криволинейные каркасы – производятся на оборудовании в автоматическом режиме, а сборка осуществляется на сборочном стенде дуговой сваркой. По проекту для большей прочности внешняя и внутренняя гнутые сетки дополнительно соединяются между собой скобами без сварки.

Монтаж второй очереди комплекта арматурного оборудования закончился в сентябре 2013 г. Полный комплект арматурного оборудования AWM включает правильно-отрезной станок DuoStraight, сварочную линию Preflex для производства гнутых сварных сеток, линию для сварки криволинейных каркасов TNL, автоматическую машину для изготовления замковых сварных сеток EasyNet, гильотину для рубки сетки.

Сварочная линия для производства гнутых тяжелых сварных сеток состоит из сварочной машины Preflex 3500 Start (для производства сетки 3500×8000 мм из арматуры диаметром 6–22 мм), транспортной станции для кантования и штабелирования, вальцовочной машины. Сварочный портал машины оснащен восемью мобильными сварочными головками для обеспечения бесступенчатого продольного шага сетки. После сварки сетка перемещается транспортной кареткой к станции кантования. Переворот сетки требуется для того, чтобы поперечные прутки обеих сеток находились внутри объемного каркаса. Далее гнутые сетки автоматически укладываются в штабель.

Заготовка мерных стержней происходит на правильно-отрезном станке

AWM DuoStraight, обрабатывающем арматуру диаметром 6–16 мм. Раскрой сеток производится на мощной гильотине, рубящей сетку из стержней диаметром до 22 мм.

Криволинейные каркасы производятся на автоматической машине TNL. Программируемый радиус каркаса формируется неравномерной подачей продольных связей каркаса к сварочному portalу. Важнейшим узлом машины является гильотина, способная автоматически занимать любую позицию относительно каркаса для обрезки его под любым углом.

Сетки для усиления основания объемного каркаса производятся на автоматической машине AWM, обеспечивающей сварку сетки с технологическими проемами.

### Особенности изготовления каркасов



Криволинейные каркасы произведены на автоматической машине NNL



Нижняя и верхняя рабочие сетки дополнительно соединены хомутами



Склад готовых арматурных каркасов для тоннельной обделки



Объемный каркас собирается дуговой сваркой из криволинейных каркасов и гнутых рабочих сеток



Усиление сетками основания каркаса в месте стыковки элементов обделки

### Ключевые слова

Арматурные каркасы для тоннельной обделки.

*Reinforcing cages for tunnel lining.*

### Список литературы

1. Журнал «ЖБИ и конструкции», № 1, 2014.

### Для связи с автором

Михайлов Андрей Геннадьевич  
director@weber-bauer.ru



# СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ СЕРГЕЯ НИКОЛАЕВИЧА ВЛАСОВА (К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

21 июня 2016 г. выдающемуся организатору метро-тоннелестроения в СССР и России, основателю Тоннельной ассоциации России Сергею Николаевичу Власову исполнилось бы 90 лет.



**П**роизводственно-техническая деятельность Сергея Николаевича началась после окончания Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта на строительстве Бакинского метрополитена, где при его непосредственном участии и техническом руководстве в сложных сейсмических и градостроительных условиях было построено 14 км линий.

Как высококвалифицированный специалист, обладающий производственным и проектным опытом, он был переведен на работу в Министерство транспортного строительства, где осуществлял техническое руководство строительством метрополитенов в Москве, Ленинграде, Горьком, Новосибирске и других городах, транспортных и гидротехнических тоннелей на БАМе, Урале, Северном Кавказе.

В 1986 г. С. Н. Власов участвовал в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

До последних дней под его руководством проводилась большая организационная и научно-производственная работа, позволившая укрепить авторитет Тоннельной ассоциации как в России, так и за рубежом.

С. Н. Власов являлся инициатором широкого внедрения технологии микротоннелестроения в России, организатором и руководителем его первого применения и разработки Московских строительных норм для этой технологии. На базе использования микрощитов под руководством С. Н. Власова была внедрена технология проходки выработок с применением экранов из труб.

На базе научно-технического экспертного совета Тоннельной ассоциации Сергей Николаевич организовал в Москве Центр по экспертизе промышленной безопасности для строительства опасных производственных объектов в подземных условиях.

С. Н. Власов возглавил и осуществил новое направление в строительстве подземных объектов – техническое сопровождение строительства тоннелей с составлением отчетов о строительстве.

Неоценима заслуга Сергея Николаевича в укреплении контактов с Международной Тоннельной ассоциацией.

Профессионализм С. Н. Власова, его организаторские способности, богатый производственный опыт, преданность выбранной профессии и тоннельному братству, традициям студенческих лет будут служить эталоном для новых поколений тоннельщиков.

*В. Е. Меркин, начальник НИЦ ОПП АО «Мосинжпроект», д. т. н., профессор, почетный транспортный строитель:*

- Моя первая встреча с Сергеем Николаевичем состоялась в середине 70-х годов прошлого столетия, когда его только назначили главным инженером Главтоннельметростроя. Будучи в то время старшим научным сотрудником отделения «Тоннели и метрополитены» ЦНИИС, я увидел в институте молодого, резкого и быстрого, хорошо знающего тематику нашей работы и многих научных сотрудников человека. Потом я узнал, что это – следствие тесных связей с отделением, его внимания к новому, а также и то, что Сергей Николаевич к этому времени уже успешно защитил кандидатскую диссертацию.

С 1974 г. и до назначения в 1988 г. С. Н. Власова главным консультантом строительства метро в Братиславе вся моя деятельность как научного сотрудника и руководителя ряда программ по научно-техническому сопровождению строительства горных транспортных тоннелей была неразрывно связана с Сергеем Николаевичем как техническим руководителем Главка и как старшим товарищем, коллегой.

Тоннели Закавказья, где отработывались новое, в т. ч. импортное, оборудование и технологии для скоростного строительства горных тоннелей, предназначенных, в первую очередь, для тоннелей БАМа (в Грузии: Мцхета – ЗАГЭС, Рикотский и Рокский автодорожные тоннели, тоннели метро; в Армении: тоннели железнодорожной линии «Иджеван – Раздан», Севанский автодорожный тоннель, тоннели метро). Здесь проявились все характерные для Сергея Николаевича качества: блестящая эрудиция, талант инженера и руководителя.

И, конечно, строительство тоннелей БАМа. Везде, где надо было оперативно решать сложнейшие технические и организационные вопросы, Сергей Николаевич всегда был, что называется, на высоте. Он стоял во главе внедрения всех новых разработок.

В 1986 г. случился Чернобыль... С Мегрэдзорского тоннеля в один день Сергей Николаевич возвращается в Москву и на следующий день летит на ликвидацию аварии.

В 1988 г. Сергей Николаевич был назначен консультантом по строительству метро в Братиславе (Словакия). И там он развивает бурную деятельность: заставляет «крутиться» проектировщиков, науку и российскую и местную, звонит и вызывает для решения на месте соответствующих специалистов, его квартира становится офисом

для командированных по его вызову российских специалистов.

После возвращения из Братиславы в 1990 г. С. Н. Власов становится исполнительным директором Тоннельной ассоциации России. Его умение со всеми найти общий язык, эрудиция, авторитет, энергичность и отдача делу, а также такие личные качества как доброжелательность, остроумие, интерес к собеседнику сразу же и до конца его пребывания на этом посту обеспечили высокое положение ТАР, ее значимость при принятии самых сложных решений, люди тянулись к нему. Думаю, что не проходило и дня, чтобы мы не встречались в офисе ТАР, на совещаниях, не разговаривали бы по телефону, в т. ч. и поздно вечером, когда ему что-то срочно надо было выяснить.

Надо было видеть (я имел удовольствие наблюдать!) с каким уважением к нему относились коллеги и руководители всех уровней, в том числе союзных республик, обкомов партии и т. п., когда он, приезжая в командировку, заходил в тот или иной кабинет. Казалось бы, что для него не было нерешаемых задач и препятствий. Он мог в любое время, в том числе во время или после утомительного совещания, которое могло заканчиваться поздно вечером, сесть в машину и поехать за десятки километров на объект, чтобы проверить как выполняется его распоряжение, данное утром. Так было в Армении, на Северомуйском и других тоннелях.

Огромна заслуга Сергея Николаевича при ликвидации аварии на Северомуйском тоннеле в 1979 г.

В последний раз мы были вместе в командировке в Иране в конце 90-х годов для подготовки к реализации межправительственной программы научно-технического сотрудничества в области метро- и тоннелестроения, где Сергей Николаевич убедительно доказывал иранской стороне на уровне ответственных работников администрации президента и руководящих компаний почему и на каких условиях им надо привлекать российские компании для строительства метро в Тегеране и Исфахане, транспортных тоннелей в различных регионах страны.

С болью мы наблюдали как ухудшается здоровье Сергея Николаевича, и хотя видели, что он угасает, его кончина в 2011 г. стала для всех, кто знал этого прекрасного человека, настоящим горем. Поэтому ежегодная процедура награждения отличившихся специалистов-тоннельщиков памятной медалью его имени, особенно в год его 90-летия, для нас повод вспомнить дорогого Сергея Николаевича и отдать должное его заслугам перед тоннельным сообществом всего бывшего Союза.

**Н. И. Кулагин, советник генерального директора ОАО НИПИИ «Ленметротранс», д. т. н., почетный транспортный строитель:**

- 21 июня этого года исполнилось 90 лет со дня рождения Сергея Николаевича Вла-



**БАМ, на р. Ангаракан у западного портала Северомуйского тоннеля, 1973 г.**



**БАМ, июль 1976 г.**

**Байкальский хребет, район восточного портала, р. Гуджекит, 1973 г.**





Армения, апрель 1973 г.



На строительстве коллектора, г. Ленинград, сентябрь 1981 г.

На сбойке Байкальского тоннеля, декабрь 1982 г.



сова, выдающегося деятеля отечественного метро- и тоннелестроения, человека уважаемого, а многими и любимого в нашей отрасли, внесшего огромный вклад в строительство тоннелей Байкало-Амурской магистрали и метрополитенов в различных городах Советского Союза. Огромная заслуга Сергея Николаевича в создании Тоннельной ассоциации России и в руководстве в течение 20 лет ее Исполнительной дирекцией.

Мне посчастливилось часто и подолгу встречаться с ним и в Москве, в Главтоннельметрострое, и на тоннелях БАМа, и в зарубежных поездках.

Первая общая командировка с ним была в августе – начале сентября 1973 г. на трассу БАМ, сначала на Бурятский участок, где сконцентрировалась большая часть тоннелей: Байкальский, Мысовые на побережье озера Байкал, Северомуйский, а затем дальше, вертолетом через Кодарский хребт до самого Хабаровска, с остановкой на недостроенном в 1951 г. Дуссе-Алиньском тоннеле. Цель поездки, организованной Главтоннельметростроем и Главтранспроектотом Министерства транспортного строительства, заключалась в ознакомлении с местами строительства этих тоннелей, встречи с изыскателями Сибгипротранса, разработке предложений по организации строительства всех этих тоннелей и представлении предложений руководству министерства.

Через два года, в сентябре 1975 г., для ознакомления со строительством протяженных тоннелей Минтрансстрой организовал поездку группы специалистов этих же двух главков в Японию. И снова во главе группы был Сергей Николаевич. За месяц нам удалось осмотреть строительство нескольких тоннелей, в том числе протяженных Дайсумидцу (22,24 км) и Сейкан (53,85 км). В результате этой командировки мы не только ознакомились с опытом и практикой японских тоннельщиков, но и в известной степени в ходе поездки наметили то высокоэффективное горнопроходческое оборудование, которое было несколько позже закуплено для строительства тоннелей БАМа: буровые каретки, опалубки, погрузчики.

В этих поездках, в переговорах, в официальной и неформальной обстановке отчетливо проявились чудесные качества Сергея Николаевича как специалиста-тоннельщика, вникающего в суть проблемы, стремящегося максимально «выжать» из встречи с японскими коллегами полезного, и с другой стороны – его контактность, простота, умение найти нужный тон в общении даже порой в непростой обстановке.

При начавшемся строительстве Байкальского и Северомуйского тоннелей, особенно в первые годы, когда особенно сказывалась недостаточность данных об инженерно-геологических условиях про-

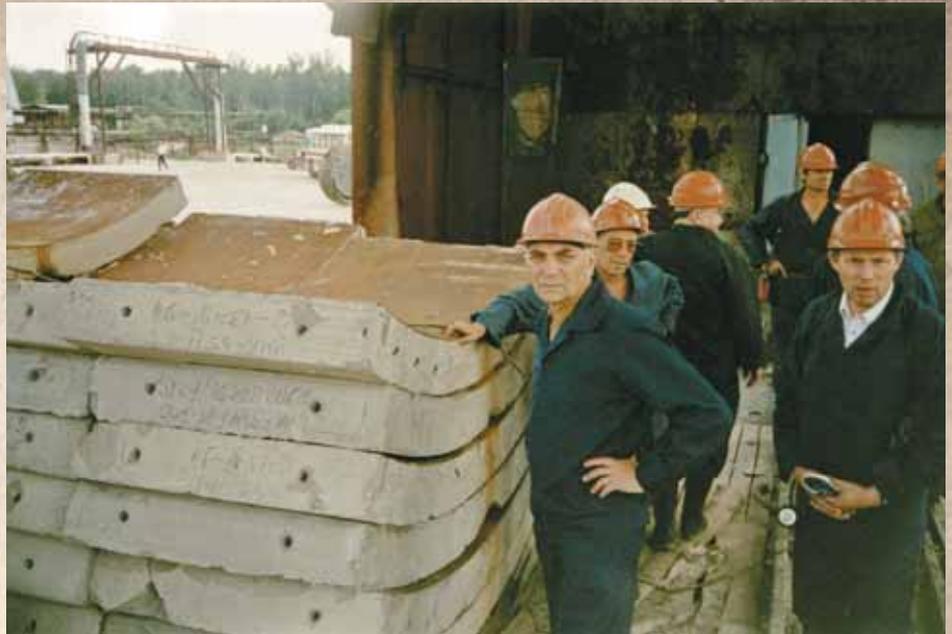
ходки, много было встреч непосредственно на стройке, в Нижнеангарске, на Даване, Гоуджките, Северомуйске. Часто это было связано с осложнениями в проходке. В таких случаях, а часто это было «по горячим следам», сразу после аварии, содействия, которые проводил на месте главный инженер Главтоннельметростроя С. Н. Власов, затягивались до полуночи, после обхода всеми членами комиссии всех выработок, чтобы все увидеть самому, до деталей, и всех заслушать уже в контроле тоннельного отряда БТС для выработки правильного решения.

Строительство комплекса тоннелей (Северомуйского) затягивалось, и не только по причине тяжелых инженерно-геологических условий. Несколько лет почти перестали финансировать Северомуйский тоннель. Прошли 90-е годы с переустройством многого в нашей стране. Советский Союз распался на несколько государств. В этой обстановке руководство Министерства, Главтоннельметростроя, в т. ч. Власов Сергей Николаевич, явились инициаторами и организаторами создания Всесоюзной ассоциации тоннельщиков (ВАТ). В феврале 1990 г. состоялась учредительная конференция общероссийской общественной организации тоннельщиков, в которую вошли многие строительные, проектные, научно-исследовательские и учебные организации России, а также представители тоннельных организаций ряда бывших союзных республик СССР.

Президентом ВАТ был избран заместитель министра транспортного строительства Олег Николаевич Макаров, руководителем Исполнительной дирекции – Сергей Николаевич Власов.

Трудно переоценить роль, которую сыграл в ВАТ (а через некоторое время она была названа ТАР – Тоннельная ассоциация России) Сергей Николаевич. Он был ее «мотором», вдохновителем и объединяющим стержнем всей общественной работы. Буквально в течение трех-четырех лет ТАР приобрела вес в мировом сообществе тоннельщиков, была принята равноправным его членом. Уже в 1994 г. российская тоннельная делегация была принята Французской тоннельной ассоциацией, посетила недалеко от г. Кале французскую часть Евротоннеля, действующий автоматизированный метрополитен в г. Лилле, ознакомилась с Парижским метрополитеном и готовящимся к сдаче в эксплуатацию участком новой линии «Метеор».

Успеху уже этой первой «вылазки» российских тоннельщиков за рубеж её участники были обязаны огромной активности Сергея Николаевича. В последующие за этим годы было наше участие во Всемирных конгрессах тоннельщиков в Штутгарте, Вашингтоне, Вене. И везде Россия, ее тоннельное сообщество, показывали, что нам есть, что рассказать о нашей практике, и есть чем гордиться, даже



Протвино, 1995 г.



Комиссия по рассмотрению вариантов преодоления «Размыва», Зеленогорск, 1996 г.

Межрегиональный научно-технический симпозиум. Первый вице-президент Корпорации «Трансстрой» О. Н. Макаров и зам. председателя правления ТАР С. Н. Власов, 1993 г.





Ст. метро «Спортивная», Санкт-Петербург (слева-направо): Н. И. Кулагин, Д. М. Голицинский, С. Н. Власов, В. Н. Александров, Н. Румянцев, С. И. Миллерман, В. С. Горышин, август 1997 г.

в столь трудное время перестройки в нашем обществе.

Закончилось строительство Байкало-Амурской магистрали, сдан был в эксплуатацию и самый длинный в России и самый трудный Северомуйский тоннель. Много труда вложил Сергей Николаевич в организацию обобщения опыта этой великой нашей стройки, в опубликование материалов по проектированию и строительству тоннелей БАМа.

Стоит отдельно сказать о том, что Сергей Николаевич много внимания уделял опубликованию в печати всех новшеств по технике тоннелестроения, материалов конгрессов тоннельщиков, привлечению к этому процессу максимального количества организаций для распространения передового опыта. «Подталкивал» к этому редакции наших журналов «Метро и тоннели», «Подземное пространство мира». С его активным участием была разработана на общественных началах «Концепция строительства железнодорожного трансконтинентального тоннеля под Беринговым проливом», которая докладывалась на Международном тоннельном конгрессе в Вашингтоне и была с огромным интересом воспринята его участниками.

Мы, ленинградские тоннельщики, постоянно чувствовали дружеский интерес со стороны Сергея Николаевича и поддержку всего нового, что разрабатывалось и внедрялось в ленинградскую практику: скоростные проходки тоннелей, новые конструкции односводчатых и колонных станций и др. Под руководством Сергея Николаевича дважды работали в Петербурге представительные комиссии по выбору вариантов восстановления движения после аварии на участке «Размыв» между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» и по выбору варианта размещения вестибюля станции «Адмиралтейская» и наиболее безо-

пасного для окружающей исторической застройки города метода строительства эскалаторного тоннеля этой станции. Авторитет Сергея Николаевича, как объективного и высококвалифицированного специалиста, был исключительно высок как у нас в городе и в стране, так и за рубежом.

В сентябре 1998 г. в Ленинграде под его руководством прошла первая в нашей стране Международная тоннельная конференция «Подземный город: геотехнология и архитектура».

Был Сергей Николаевич и на праздновании 50-летия Ленметрогипротранса в 1996 г., и на пуске нового участка метро в нашем городе, на котором впервые была построена 2-этажная односводчатая станция «Спортивная», в будущем – пересадочная.

В 1988–1990 гг. Сергей Николаевич был главным советником-консультантом по строительству метро в Братиславе (Словакия). В эти годы у Ленметрогипротранса наладились дружеские контакты с институтом транспортного строительства Братиславы. Сергей Николаевич способствовал продаже словакам лицензии на ноу-хау по замораживанию грунтов в строительстве жидким азотом, технологии, которой в это время уже владели ленинградские проектировщики и строители и которую планировали использовать словацкие коллеги, в том числе и при строительстве участка под Дунаем.

Сегодня, в связи с 90-летием со дня рождения С. Н. Власова, мы, его друзья и коллеги, вспоминаем с теплыми чувствами и благодарностью к этому человеку пройденные вместе с ним, под его руководством, наши общие стройки, наши пути-дороги, на которых после нас остались новые участки метрополитенов и новые тоннели.

**С. В. Мазеин, зам. руководителя Исполнительной дирекции ТАР, д. т. н., лауреат**

**ат конкурса им. С. Н. Власова «Инженер года – 2015»:**

- С Сергеем Николаевичем Власовым познакомился в 2001 г., после того, как начал работать в фирме «Херренкнехт тоннельсервис». Тогда на площадке строительства Лефортовского тоннеля запускался в работу самый большой в Европе тоннелепроходческий щит.

Я участвовал от фирмы в шефмонтаже тоннелепроходческого комплекса и сопровождении проходки Лефортовского тоннеля, а Исполнительная дирекция Тоннельной ассоциации России (ТАР) привлекла меня и к научно-техническому сопровождению этого строительства.

Сергей Николаевич Власов всегда принимал активное участие в работе штаба строительства и информационном обеспечении подземных работ. По его инициативе был даже создан музей строительства тоннеля в Лефортово, чтобы все заинтересованные специалисты могли познакомиться с передовой и уникальной технологией щитовой проходки с гидропригрузом.

Поскольку я участвовал в исследовательских работах под эгидой ТАР, меня тогда рекомендовали и приняли в члены Тоннельной ассоциации России.

Сергей Николаевич, как выдающийся организатор и ученый, всегда занимался внедрением передовых технологий, был грамотным экспертом в области промышленной безопасности технических устройств и проектов организации подземного строительства, привлек немало специалистов к данной экспертной работе, в том числе и меня. Он мудро и талантливо руководил Исполнительной дирекцией ТАР и журналом «Метро и тоннели», создал потрясающую рабочую обстановку в коллективе дирекции, куда я ушел работать позже, в 2011 г.

В настоящее время Исполнительная дирекция воплощает в практику метро- и тоннелестроения идеи Сергея Николаевича по развитию отечественного подземного строительства.

**В. З. Коган, почетный транспортный строитель:**

- Очень сложно писать о Сергее Николаевиче и, в то же время, легко: не надо обходить шероховатости и скруглять углы. А сложно потому, что слишком много вместе сделано и пережито.

Мне кажется, он олицетворял собой тип старого русского инженера. Всегда подтянут, доброжелателен, внимателен. Об эрудиции и говорить не приходится.

Если выходил из себя, совсем не умел ругаться. Пытался, но не получалось. Оттого нам, матерщинникам, становилось совестно, если чувствовали себя виноватыми.

С января 1974 года – одна из самых светлых личностей, встреченных мной за долгую жизнь в тоннелестроении.