

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой
Трансинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета

А. Н. Левченко

Заместитель председателя

И. С. Беседин

Члены совета:

В. П. Абрамчук, В. Н. Александров,
В. А. Гарюгин, В. В. Гридасов,
С. Г. Елгаев, А. М. Земельман,
Б. А. Картозия, В. Г. Лернер,
М. М. Рахимов, Г. И. Рязанцев,
Г. Я. Штерн

Редакционная коллегия:

С. А. Алпатов, Н. С. Бульчев,
О. В. Егоров, А. А. Гончаров,
А. И. Долгов, А. В. Ершов,
М. Г. Зерцалов, Н. И. Кулагин,
Е. Н. Курбацкий, Г. Н. Матюхин,
В. Е. Меркин, А. Ю. Педчик,
Г. Н. Полянкин, П. В. Пуголов,
А. Ю. Старков, Б. И. Федунец,
Ш. К. Эфендиев

Тоннельная ассоциация России

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

Компьютерный дизайн и вёрстка

С. А. Славин

Фотограф

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован
Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ООО «Метро и тоннели», 2013

№ 1 2013

Строительство метро

Итоги прошедшего года
и стратегия развития Мосметростроя 2

Оптимизация инженерных решений 4

Технологии

Применение инновационных технологий
при строительстве тоннелей и метрополитенов
в России и за рубежом 8

Е. Ф. Чумаков, А. Н. Вялых, М. С. Панкратов

Внедрение современных технологий
при строительстве подземного участка городской
внеуличной транспортной системы в Москве 12

А. П. Мельник, Г. А. Мельник, А. Г. Полянкин

Метод диагностики

Ультразвуковой способ контроля качества
противофильтрационной завесы, выполненной
по технологии струйной цементации грунтов 16

А. Г. Малинин, Д. А. Малинин

Нормативные документы

Свод правил 120.13330.2012 «Метрополитены» 20

И. Я. Дорман

Анализ состояния нормативной документации
по геодезическому и маркшейдерскому обеспечению
строительства тоннелей различного назначения
на этапах проектирования и строительства 24

В. Б. Никоноров

Управление рисками

Управление геотехническими рисками
в подземном строительстве 28

В. Е. Меркин, М. Г. Зерцалов, Д. С. Конюхов

Исследования

Перспективы оценки НДС породных массивов
впереди забоя строящихся тоннелей по результатам
бурения опережающих разведочных скважин 32

В. П. Абрамчук, А. Ю. Педчик,
В. В. Костенко, Ф. Г. Меденков

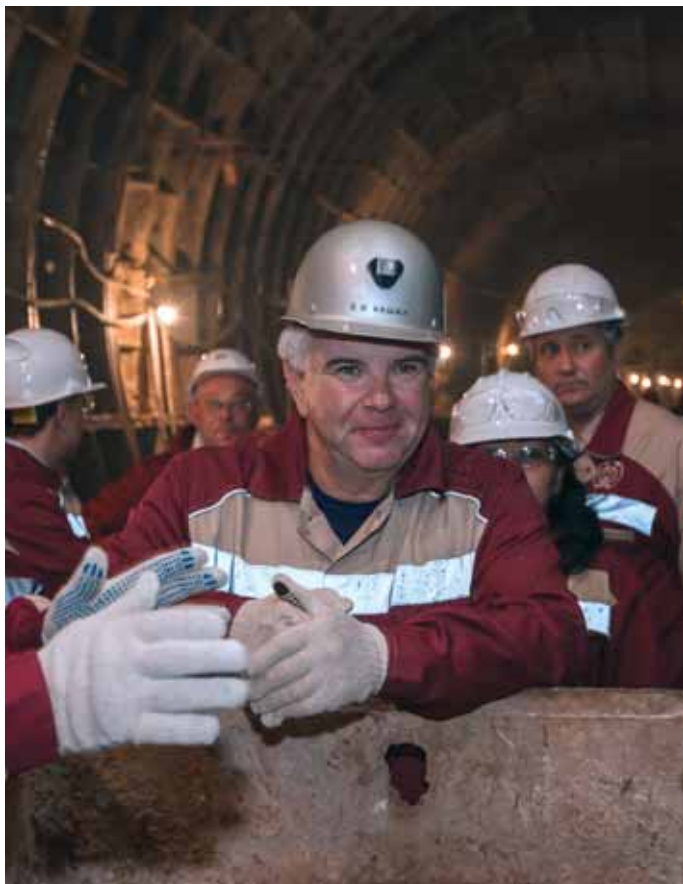
СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Новая станция
Московского метрополитена
«Алма-Атинская»,
открывшаяся в декабре
2012 г.
фото предоставлено
пресс-службой ОАО «Мосметрострой»

ИТОГИ ПРОШЕДШЕГО ГОДА И СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ МОСМЕТРОСТРОЯ



Позади ударный для Мосметростроя год. Год, в котором холдинг внес заметный вклад в развитие метрополитена Москвы – подарил городу две станции: на юге и на севере. Метростроевцы приняли участие в сооружении станции «Новокосино», сдали второй выход «Марьиной Рощи», пустили в декабре станции «Алма-Атинская» Замоскворецкой линии и «Пятницкое шоссе» Арбатско-Покровской линии. В ближайшей перспективе Мосметрострою предстоит сдать еще более полутора десятков километров путей и девять станций. Как холдинг будет решать эти задачи, рассказал генеральный директор ОАО «Мосметрострой» Евгений Иосифович Кашин.

– Евгений Иосифович, сначала хотелось бы подвести итоги прошлого года – все ли поставленные заказчиками задачи выполнены и насколько Вы довольны его результатами?

– Прошедший 2012-й год, конечно, был лучше 2011-го. Мы развернули масштабные работы и взяли хороший темп. Осенью сдали второй выход «Марьиной Рощи», а в декабре – сразу две станции: «Алма-Атинская» Замоскворецкой линии и «Пятницкое шоссе» Арбатско-Покровской линии. Трудились с огромным напряжением, так как и без того сжатые сроки еще больше были уплотнены. Но благодаря прекрасно скоординированной, слаженной работе коллектива нам удалось соорудить новые станции за полтора года. Все виды работ: от устройства котлованов до отделки и монтажа всех инженерных систем станций и перегонов – выполнены специалистами Московского метростроя. Безусловно, я горжусь достижениями коллектива, и результаты нашего труда высоко оценены руководством города и жителями столицы.

– Евгений Иосифович, у города грандиозные планы по развитию метрополитена. Какие стратегические задачи в связи с этим поставлены перед вашей компанией?

– Правительством Москвы перед ОАО «Мосметрострой» поставлены очень ответственные и масштабные задачи. В нашем портфеле проектов до 2015 г. более полутора десятков километров путей и девять станций. Это самый протяженный и сложный для строителей 12-километровый участок глубокого заложения Люблинской линии с шестью станциями: «Бутырская»,

«Фонвизинская», «Петровско-Разумовская», «Окружная», «Верхние Лихоборы», «Селигерская». Важный инфраструктурный объект – продление Сокольнической линии со станциями «Тропарево», «Румянцево» и «Саларьево» протяженностью 6,5 км. Работы развернуты на всех площадках и ведутся в круглосуточном режиме с применением новейших технологий.

– Расскажите, пожалуйста, какие передовые технологии и новая техника на вооружении у вашей компании?

– Конечно, для успешного решения поставленных задач в столь короткие сроки без применения новых технологий и новой техники, а также модернизации и усовершенствования ранее использованных технологий не обойтись. Специалистами ОАО «Мосметрострой» совместно с ведущими отечественными и иностранными компаниями активно ведется работа в этом направлении.

В настоящий момент специалисты Мосметростроя разрабатывают и внедряют ряд принципиально новых технологий, предназначенных для строительства метрополитена глубокого заложения в сложнейших градостроительных и инженерно-геологических условиях с высочайшими стандартами качества и безопасности.

В конце декабря 2012 г. на строящуюся Люблинско-Дмитровскую линию в СМУ-19 – специализированное подразделение Мосметростроя – уже поступил новый комплекс VSM-10000 для скоростной проходки стволы механизированным способом. Он сделан по нашему заказу на заводе компании Herrenknecht в немецком



Наземный павильон станции «Алма-Атинская»

городе Шванау. С его помощью будут построены все необходимые на трассе вентиляционные стволы глубиной до 80 м. Прежде в условиях такой сложной геологии, в обводненных песках, проходка вертикальных выработок горным способом осуществлялась лишь с заморозкой и цементацией грунта. Сроки строительства при этом существенно удлинялись. Теперь, с применением VSM-10000, можно без риска исключить этап закрепления неустойчивых пород, и процесс сооружения стволов пойдет значительно быстрее.

Еще один пример: для разработки забоя на объектах глубокого заложения Мосметрострой внедряет в эксплуатацию современные экскаваторные комбайны. В конце 2012 г. наши сервис-инженеры провели приемку первого комбайна-погрузчика ПТС-120 на заводе TEREX в Лагенбурге (Германия). Сейчас он монтируется и приступит к проходке подходов выработок строящейся станции «Бутырская» Люблинско-Дмитровской линии метро.

– Использование новой техники позволяет ускорить процесс строительства, а становится ли он более безопасным для участников?

– Обеспечение на строительных объектах безопасных и безвредных условий труда – это одна из приоритетных наших задач, и внедрение новой техники, безусловно, способствует ее решению. С помощью современной техники: новых комбайнов, высокопроизводительных тоннелепроходческих комплексов мы механизировали самые сложные, трудоемкие и опасные виды работ, которые раньше производились вручную. Кроме того, новые технологии направлены и на снижение техногенного воздействия производства на окружающую среду, экономию природных ресурсов, энергоносителей, сырья и материалов.



*Материал подготовлен
пресс-службой ОАО «Мосметрострой»*



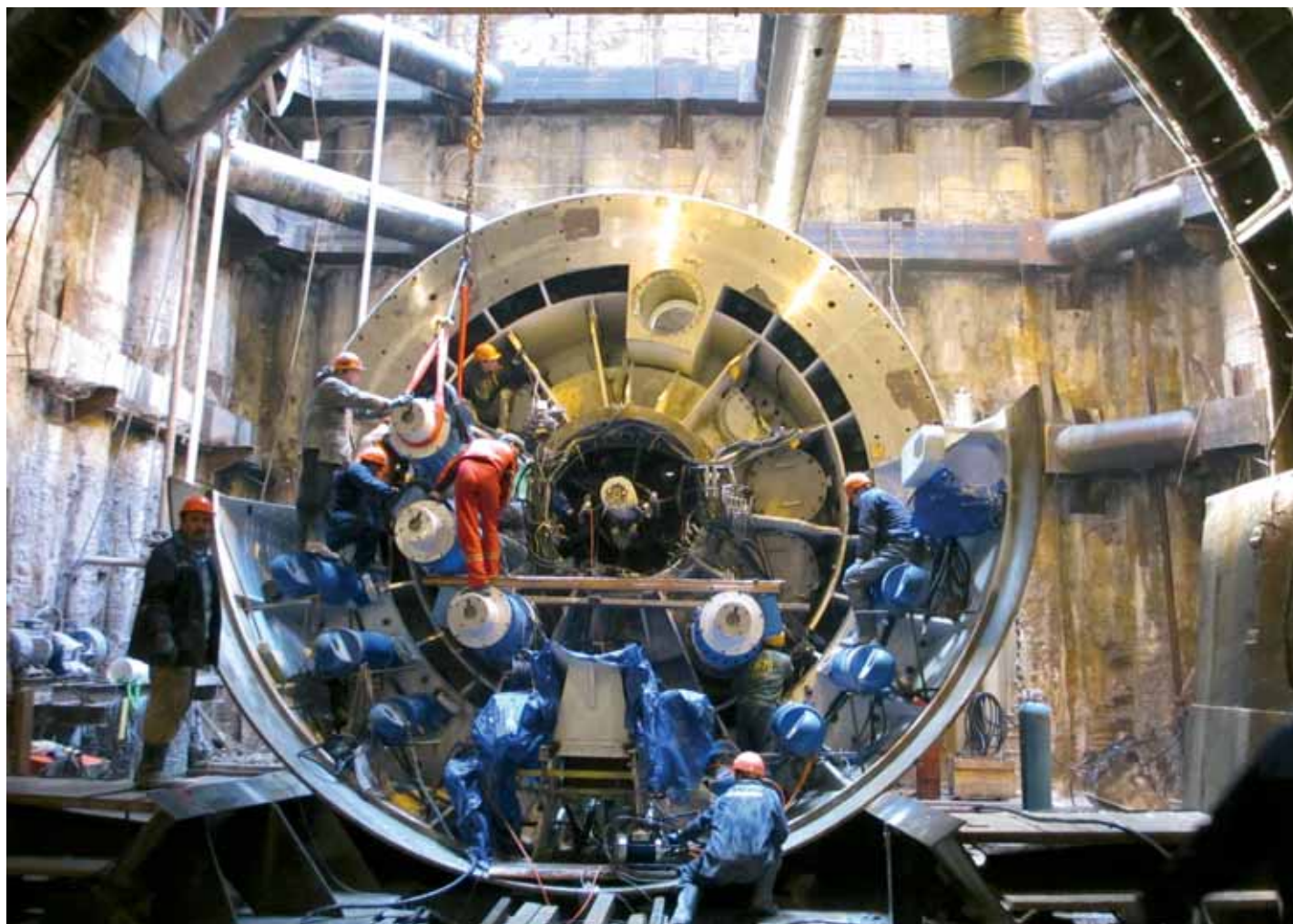
Мэр столицы С. С. Собянин с коллективом Мосметростроя на открытии ст. «Пятницкое шоссе»



Витраж павильона станции «Алма-Атинская»

ОПТИМИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ

ИНГЕОКОМ принимает активное участие в реализации масштабной программы правительства Москвы по строительству метрополитена. Сегодня у компании в работе такие объекты как Третий пересадочный контур и Калининско-Солнцевская линия. О специфике строительства метро в центре города, современных технологиях и технических решениях журналу «Метро и тоннели» рассказали руководители ЗАО «Объединение «ИНГЕОКОМ» вице-президент Сергей Кидяев и начальник управления строительства метрополитена Дмитрий Иванов.



Сборка ТПМК Robbins в монтажной камере на Тестовской улице. Ширина котлована составляет всего 8 м

Иностранные щиты и российское ноу-хау

Впервые в истории московского метростроения при проходке тоннелей будет применен щит компании Robbins. В декабре 2012 г. состоялся его запуск. Американский тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК), приобретенный ИНГЕОКОМом специально для программы строительства метрополитена, присоединится к канадскому ТПМК Lovat, который в компании по традиции нарекли женским именем – Юлия. Диаметр забоя режущей части Robbins составляет 6,6 м, внешний диаметр обделки – 6,3 м, диаметр режущей части Lovat на 15 см меньше. Он работает при помощи гидравлического привода, Robbins – электропривода, что надежнее и современнее.

– Щиты Herrenknecht, Lovat, Robbins – все это техника премиум класса, – говорит вице-

президент ЗАО «Объединение «ИНГЕОКОМ» Сергей Кидяев. – Мы как потребители сравниваем эксплуатационные характеристики, сроки поставки и монтажа, стоимость. Кстати, этот показатель за последний год снизился у всех производителей при сохранении качества – хотя прежде они говорили, что это невозможно.

Монтаж нового щита – сложная процедура. Сборка, запуск и проходка осуществляются нашим инженерно-техническим персоналом под контролем шефа-монтажника из компании-поставщика. Американцы будут сопровождать первые 200 м проходки.

– Обычно длина щита составляет 100 м, – объясняет Сергей Кидяев. – Чтобы запустить его за 20–30 дней, нужен оптимальный монтажный котлован. А у нас он на Тестовской улице всего 8 м. Монтажная камера на глуби-

не 40 м примыкает к 3-му транспортному кольцу, Тестовской улице и Краснопресненской набережной. Разработка большей по диаметру монтажной камеры предполагала глобальное перекрытие автомобильного движения в районе «Сити». Поэтому мы предложили свое ноу-хау. Это техническое решение казалось неосуществимым, но благодаря профессионализму техников и механиков – инженерно-технических специалистов «СМУ ИНГЕОКОМ» оно было реализовано. Но и это не предел. За «Деловым Центром» под рекой будут построены оборотные тупики. Ширина демонтажной камеры для данного участка будет и вовсе 5,5 м. С одной стороны один из самых больших коллекторов Москвы, с другой – фундамент подземного торгового центра «Афимолл». Думаем запустить щит с обратной стороны тупиков –

за рекой, но демонтировать его все равно будем в пятиметровой камере.

Высочайшие требования к технике генподрядчик предъявляет еще и в связи с тем, что реализуемые им проекты – участки Третьего пересадочного контура и Калининско-Солнцевской линии отличаются особой сложностью. Например, станция «Парк Победы» на существующей Арбатско-Покровской линии и на строящейся Калининско-Солнцевской – самая глубокая в Москве, она находится на глубине 86 м. Предстоит построить наклонный ход длиной 120 м для размещения эскалаторов – это тоже рекорд. Наклонный тоннель будет состоять из 157 чугунных колец. Чтобы сократить срок, первые 37 колец монтируются открытым способом с помощью крана – для этого разработан котлован глубиной 38 м. Проходка остальной части тоннеля и монтаж 120 колец будут осуществляться горным способом тубингоукладчиком.

На пути наклонного хода есть водонасыщенные слои на глубине примерно 50 и 65 м.

– Обычно в подобных гидрогеологических условиях сначала в течение 8–9 месяцев делается заморозка грунтов, только потом начинается горная проходка, – рассказывает начальник управления строительства метрополитена ЗАО «Объединение «ИНГЕОКОМ» Дмитрий Иванов. – Мы же применили технологию струйной цементации. По всему диаметру наклонного хода делаем скважины и закачиваем бетон. Получается стенка, окружающая тоннель, внутри которой монтируются кольца. По завершении монтажа будет выполнено дополнительное нагнетание бетона за чугунную обделку, чтобы вода не просачивалась в тоннель. После окончания всей проходки мы приступим к монтажу эскалаторов и оборудования.

Другой объект – участок Третьего пересадочного контура от станции «Деловой Центр» до «Нижней Масловки» запланирован к вводу в эксплуатацию в конце 2015 г. Несмотря на длительный процесс освобождения территорий строительных площадок (21 шт.) и переноса инженерных коммуникаций, строители уверены, что успеют. Сработает и большой опыт в метростроении, и новые строительные технологии, которыми владеет компания, а также инженерные решения по глубине заложения станционных комплексов.

Подземные сюрпризы

Третий пересадочный контур запроектирован в центре Москвы на плотно застроенной территории. На каждом участке – свои сюрпризы. Приходится детально исследовать не только гидрогеологию, но и состояние фундаментов зданий и коммуникаций, попадающих в зону строительства. Щит «Юлия» фирмы Lovat уже прошел первые 900 м со станции «Ходынское Поле» в сторону «Хорошевской».

– Момент был для нас весьма напряженным, – признался Сергей Кидяев. – Тоннель запроектирован под административным зданием, фундаментная плита которого всего

50 см. Просадка грунта могла привести к серьезным последствиям. С привлечением специализированных организаций НИЦ «Освоение подземного пространства» Мосинжпроекта и НИЦ «Тоннели и метрополитены», отвечающих за мониторинг и научное сопровождение проходки, была изучена геология каждого метра, отработана компьютерная программа щита, которая помогала регулировать давление грунтопригруза. Здание стояло обвешенное датчиками и реперами, как новогодняя елка. Щит прошел безупречно, строение на месте, а люди, работающие там, даже ничего не почувствовали.

Защита конструкций зданий и сооружений от воздействия вибрации, которую вызывают движущиеся поезда – «обязательная программа» для проектировщиков и метростроителей. На станциях «Деловой Центр» Третьего пересадочного контура и «Деловой



«Есть компании, которые только сегодня подключаются к строительству метро, а есть те, кто занимается этим давно и имеет большой опыт. Оптимизировать инженерные решения с целью экономии бюджетных средств – наша обязанность», – отмечает вице-президент компании «ИНГЕОКОМ» С. В. Кидяев

Центр» Калининско-Солнцевской линии будет повторно использовано уникальное техническое решение – здесь запроектирована виброплита, аналогичная той, что в 2005 г. ИНГЕОКОМ установил на станции «Выставочная» Филевской линии (до 2008 г. она называлась «Деловой Центр»). Это плита длиной в 280–300 м на специальных механизмах уложена на станционном комплексе. Она поглощает вибрации и сводит их воздействие до минимума.



Д. В. Иванов, начальник управления строительства метрополитена ЗАО «Объединение «ИНГЕОКОМ»



Начало проходки ТПМК Lovat со станции «Ходынское поле» в сторону «Хорошевской»



Строительство наклонного хода вестибюля станции «Парк Победы». Первые 37 колец будут смонтированы открытым способом, что позволит сократить срок выполнения работ

Путь переговоров

Строить приходится в тесном соседстве с коллегами. Так, площадка станции метро «Петровский парк» и стадиона «ВТБ-Арена» возле метро «Динамо» расположены настолько близко (и сроки сдачи объектов почти совпадают), что для выполнения работ по подготовительному и основному периоду, чтобы пешеходам не приходилось маневрировать между двумя стройками, их решено объединить в одну.

– В связи с проведением работ, на данном участке временно изменена схема организации движения общественного транспорта. Перенесено порядка 10 маршрутов. При этом для удобства пассажиров удалось сохранить остановочные пункты в шаговой доступности от метро. Данный проект согласован со всеми заинтересованными службами города: ГИБДД, Мосгортрансом, Департаментом транспорта города Москвы, префектурой Северного округа, управой Аэропорт. Мы перевели на новый маршрут движение автобусов, маршруток и троллейбусов – перенесли контактную сеть,

установили светофорные группы. Автомобилисты же смогут объезжать зону строительства по прилегающим улицам.

– Мы глубоко признательны Марату Шакирзяновичу Хуснуллину, который в ручном режиме управлял процессом согласований, переговоров, – говорит Сергей Кидяев. – Он, как один из руководителей города, оказал нам огромную помощь при переговорах с РЖД по поводу станции «Хорошевская» и способствовал сокращению сроков различных бюрократических процедур.

На густо застроенной территории возле метро «Полежаевская» было крайне сложно выкроить пространство для стройплощадки станции «Хорошевская». Первоначально станция была запроектирована на участке, который надо было освободить как минимум от трех зданий: пятиэтажного корпуса Россельхозакадемии, офисно-жилого здания, а также ресторана «Мақдоналдс». Как рассказывают представители ЗАО «Объединение «ИНГЕОКОМ», они взяли карту и занялись спортивным ориентированием, бук-

вально обойдя все дворы, закоулки и промзоны. Обнаружили выведенную из эксплуатации железнодорожную ветку. Она вела к хладокомбинату и казармам, которых уже нет. К слову, установить то, что ветка не действующая, потребовало отдельного «спортивного ориентирования» – в бумагах министерств и ведомств.

Удалось договориться с ОАО «РЖД» – станцию перенесли на свободное от застройки место. Но тут возникло новое препятствие – закрытая территория МГУП «Мосводоканал». Нашли инженерное решение и здесь. В результате по минимальным расчетам генпродирчик сэкономит городу 3,5 млрд руб. на сносе и компенсационных выплатах.

– Почти все площадки обременены недвижимостью, которая имеет владельцев или долгосрочных арендаторов, – объясняет г-н Кидяев. – Если неизбежен снос строения, Мосинжпроект производит оценку этой недвижимости и назначает владельцу компенсационные выплаты. Мы стараемся помочь городу избегать сносов и выплат, поэтому участвуем в проектировании – с тем, чтобы минимизировать сносы. Де-юре эти вопросы решает заказчик, мы же вместе с проектировщиками Метрогипротранса предлагаем проектные и технические решения.

Маршрут будущего метро пересекается на «Хорошевской» со строительством подстанции «Ваганьковская» и ее коллектора. Чтобы не зависеть от сроков ГУП «Москоллектор», ИНГЕОКОМом было принято решение самостоятельно построить участок коллектора и перенести в него коммуникации из зоны строительства, которых здесь полный набор. Кроме того, «Хорошевская» – сложнейшая станция и с точки зрения геологических и гидрогеологических условий. Здесь находятся карстовые пустоты.

Цена и качество

ИНГЕОКОМ начал экономить бюджетные деньги с момента входа в проект, оптимизируя планировочные решения не только каждой станцией, но и линии в целом. Участок общей длиной в 13,7 км сокращен на 650 м – за счет спрямления части линии. Несмотря на очевидное усложнение производственного процесса, было решено перепроектировать четыре станции из пяти, сделав их станциями мелкого заложения. Так станция «Петровский Парк» планировалась на глубине 80 м, строительство могло вестись через рабочие стволы, что значительно увеличило бы сроки выполнения работ. Но в целях сокращения расходов по указанию заместителя мэра Москвы Марата Хуснуллина ее подняли до 25 м, что позволило работать открытым способом. Это сохранило бюджету 2,5–3 млрд руб. А в сумме экономия благодаря подъему станций составит 11–12 млрд руб. при общей стоимости участка Третьего пересадочного центра от «Нижней Масловки» до «Делового Центра» в 68 млрд руб., которая заложена в Адресной инвестиционной программе города Москвы.

Поднимая станции, приходится менять схемы организации дорожного движения, конструкции станции, проектную документацию, рабочую и т. д. Все эти мероприятия могли бы затормозить работы на 6–8 месяцев, но заказчику и генподрядчику удалось сократить сроки проектирования до минимума.

Теперь «на глубине» останется только «Нижняя Масловка», которая будет пересадочной на «Савеловскую». «Стоя на одной ноге», на небольшом участке земли, ИНГЕОКОМ строит станцию глубокого заложения, два наклонных хода, вестибюли. «Мы бы и ее подняли, но нужно было бы остановить движение по Третьему транспортному кольцу или Бутырской улице, с которой начинается Дмитровское шоссе, – замечает Сергей Кидяев. – А это неприемлемо».

На конец 2013 г. намечено завершение основного этапа строительства участка Калининско-Солнцевской линии от «Делового Центра» до «Парка Победы». Широко развернутся работы на Третьем пересадочном контуре, в частности, на станции «Шелепиха». Здесь придется остановить движение транспорта по Шелепихинскому шоссе, которое, впрочем, используется в основном для локального трафика. Транспортный поток будет перенаправлен



Проект станции «Хорошевская» на Третьем пересадочном контуре

на Шелепихинскую набережную. Находится на рассмотрении вариант примыкания новой кольцевой линии к депо «Фили» – предстоит проходка под Москвой-рекой на глубине 80 м. Поначалу предполагалось выйти к депо по другому берегу реки – это 5–7 км. Удалось найти техническое решение, которое сокращает проходку до 2 км.

– Есть компании, которые только сегодня подключаются к строительству метро, – резюмирует Сергей Кидяев. – А есть те, кто занимается этим давно и имеет большой опыт. Оптимизировать инженерные решения с целью экономии бюджетных средств – наша обязанность!



Материал подготовлен пресс-службой Ингеокома

ПОЗДРАВЛЕНИЯ



12 января 2013 г. генеральному директору института «Каналстройпроект» Владимиру Семеновичу Малицкому исполнилось 60 лет.

Владимир Семенович прошел сложный путь от инженера до поста генерального директора института «Каналстройпроект», приобрел большой опыт инженерной и руководящей работы.

Ко времени создания новой организации проектировщиков – института «Каналстройпроект», он имел большой опыт общестроительных, горнопроходческих и проектных работ, определенные наработки и инженерные знания.

Под руководством В. С. Малицкого коллектив института успешно решает сложнейшие вопросы по всему комплексу проектно-изыскательских работ. Здесь осуществляется проектирование инженерных систем, коммуникаций и дорог, проектирование и реконструкция тепловых магистралей. Институт «Каналстройпроект» осуществляет проектирование всех видов специальных способов работ: искусственное замораживание, искусственное закрепление грунтов, водопонижение и т. д.

Большого уважения заслуживает благородный труд Владимира Семеновича по подготовке и воспитанию молодых специалистов.

Его трудовые успехи высоко отмечены государством.

Еще одна сторона деятельности В. С. Малицкого – это активное участие в работе общественных организаций. Являясь членом правления Тоннельной ассоциации России, он принимает активное участие во всех проводимых деловых мероприятиях, ежегодных конгрессах Международной Тоннельной ассоциации и т. д.

Уважаемый Владимир Семенович!

Правление и Исполнительная дирекция Тоннельной ассоциации России сердечно поздравляют Вас со знаменательной датой – 60-летием со дня рождения!

Многолетние творческие контакты и сотрудничество с Вами доставляют нам чувство глубокого уважения и удовлетворения.

Тоннельная ассоциация России благодарит Вас за активное сотрудничество и выражает надежду, что наша совместная работа в будущем будет такой же плодотворной и востребованной.

Пусть будут счастливы и здоровы все, кто Вам дорог.

Желаем Вам крепкого здоровья, счастья в жизни, благополучия, дальнейших успехов во всех начинаниях и долгих лет жизни!

**Председатель правления
Тоннельной ассоциации России**

Г. Я. Штерн

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Е. Ф. Чумаков, А. Н. Вялых, М. С. Панкратов, ОАО «Мосметрострой»

В ближайшие пять лет программой развития Московского метрополитена предусмотрено строительство более 75 км новых линий. Для решения этих серьезных задач необходимо применение новых технологий и новой техники, а также модернизация и усовершенствование ранее использованных технологий. Специалистами ОАО «Мосметрострой» совместно с ведущими отечественными и иностранными компаниями активно ведется работа в этом направлении.

В настоящий момент Мосметрострой разрабатывает и внедряет ряд принципиально новых технологий, предназначенных для расширения области применения закрытого способа строительства метро. Также преследуются цели сокращения сроков работ и удешевления получаемой конструкции и технологического процесса. Примером этому является проект подвесного укладчика нового поколения (рис. 1). По заказу Мосметростроя проектированием и производством укладчика заняты специалисты немецкой фирмы GTA, которая изготавливает прочные и долговечные машины для тоннелестроения и горной промышленности, простые в управлении и с высокой эксплуатационной надёжностью. Укладчик перемещается по рельсам, подвешенным к своду тоннеля. Компактная конструкция позволит осуществить доступ крупных механизмов к зоне разработки забоя и соответственно увеличить скорость строительства тоннеля за счет ускорения разработки забоя и погрузки породы. Применение современной гидравлики делает движения манипулятора плавными и точными, что ускоряет и упрощает монтаж кольца.

Для разработки забоя на объектах глубокого заложения Мосметрострой внедряет в эксплуатацию современные экскаваторные комбайны. В конце 2012 г. наши сервис-инженеры провели приемку первого комбайна-погрузчика ТТС-120 на заводе TEREX в Лагенбурге в Германии (рис. 2). Основным преимуществом экскаваторного комбайна перед стандартным проходческим комбайном с фрезерным органом является большая гибкость. Экскаваторный комбайн способен эффективно осуществлять погрузку обводненных и налипающих нескальных пород. Гибридный рабочий орган сочетает в себе преимущества экскаваторного ковша и гидромолота. Такой рабочий орган особенно эффективен в условиях меняющейся и смешанной геологии, когда прочные скальные грунты чередуются с налипающими глинами. В отличие от классического проходческого комбайна, комбайн-погрузчик может разрабатывать тоннель круглого сечения. При этом

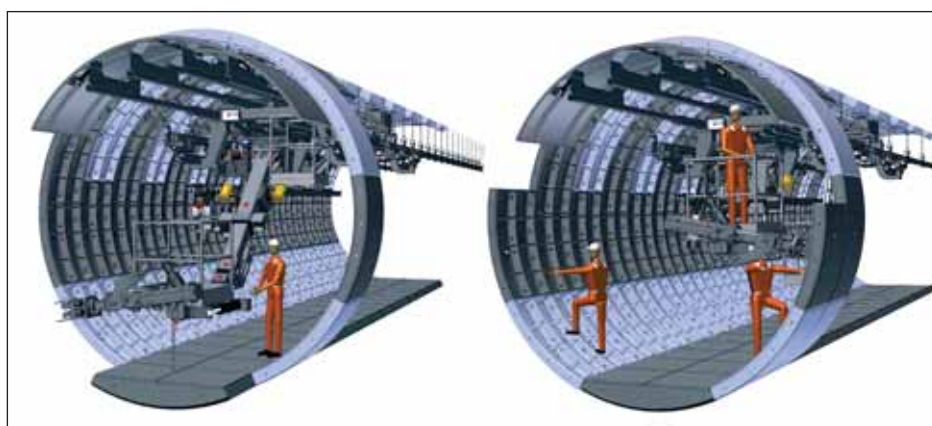


Рис. 1. Подвесной укладчик нового поколения. Сборка кольца осуществляется манипулятором



Рис. 2. Сотрудники Мосметростроя на заводе TEREX в Германии

скребково-ленточный транспортер, расположенный по центру корпуса, дает возможность машине загружать вагонетку тоннельного транспорта, не совершая поворотов. Кинематика стрелы позволяет подрывать разрабатанный грунт на приемный лоток.

Первый ТТС-120 метростроевцы начнут использовать для проходки подходных вы-

работок строящейся станции «Бутырская» Люблинско-Дмитровской линии столичного метро (рис. 3).

Сейчас одним из самых сложных объектов метростроения в Москве является продление Люблинско-Дмитровской линии на север. Коллективу Мосметростроя предстоит в сжатые сроки построить шесть новых станций и



Рис. 3. Экскаваторный комбайн ИТС-120 на проходке Московского метро



Рис. 4. Принцип работы проходческого комплекса VSM

более 10 км перегонных тоннелей на глубине около 60 м. По заказу ОАО «Мосметрострой» на заводе компании Herrenknecht в немецком городе Шванау изготовили стволопроходческий комплекс VSM-10000 для скоростной проходки стволов механизированным способом (рис. 4). С его помощью будут построены все необходимые на трассе вентиляционные стволы глубиной до 80 м. Прежде в условиях такой сложной геологии – обводненные пески – проходка вертикальных выработок горным способом осуществлялась лишь с заморозкой и цементацией грунта. Сроки строительства при этом существенно удлинялись. Теперь, с применением VSM-10000, можно без риска исключить этап закрепления неустойчивых пород, и процесс сооружения стволов пойдет значительно быстрее.

Приемка готового комплекса состоялась в конце декабря 2012 г. Машина поступила в СМУ-19 – новое подразделение Мосметростроя.

Метод проходки вертикального ствола хорошо знаком метростроителям. Сначала на поверхности собирается ножевое кольцо. Затем над ним монтируются первые кольца обделки ствола. Внутри ножевого кольца начинается разработка грунта, и вся конструкция постепенно уходит вниз – погружается. Зазор между породой и обделкой заполняется бентонитом, образующим тиксотропную рубашку. Важно поддерживать плотность и величину прочности на сдвиг тиксотропного раствора, не давать ему расслаиваться, иначе порода может обжать ствол. По мере погружения ствола до проектной отметки на поверхности собираются все новые и новые кольца обделки.

VSM-10000 сконструирован с целью решения проблемы разработки грунта и его выдачи на поверхность. Установка представляет собой фрезерный рабочий орган, расположенный на стальной несущей конструкции – как у проходческого комбайна. Во время проходки VSM-10000 закрепляется в районе третьего кольца ствола и при погружении движется вместе с ним. Разработанная поро-



Рис. 5. Доработанный ТПМК RME 430 на строительстве 2-го наклонного хода станции «Марьино Роща»

да выдается на поверхность при помощи гидротранспорта. Иначе говоря, всасывается жидкостью и перекачивается наверх при помощи центробежных насосов. Затем порода сепарируется, а вода возвращается в систему гидротранспорта. Установка полностью погружается под воду. Это позволяет обойтись без водопонижения и других специальных методов строительства.

Еще одним примером работы специалистов Мосметростроя по модернизации производства может служить усовершенствованные технологии механизированной проходки наклонных ходов ТПМК «Ловат» (рис. 5). После окончания проходки первого наклонного хода станции «Марьино Роща» специалистам Мосметростроя стали очевидны определенные проблемы в конструкции ТПМК, был разработан ряд усовершенствований как в конструкции комплекса, так и в технологии производства работ.

ТПМК прошел реконструкцию к следующей проходке на базе Управления механизаци-

ции метростроя. Проанализировав опыт строительства, специалисты Мосметростроя произвели ряд изменений ТПМК. Во-первых, решили поменять схему выдачи грунта. Изначально разработчиками фирмы «Ловат» предполагалось пластифицированную массу, выдаваемую шнековым конвейером, транспортировать на поверхность при помощи грунтонасоса Putzmeister. Но поскольку данный способ показал себя не лучшим образом, было принято решение выдавать грунт на поверхность при помощи ёмкости. При таком подходе разработанный грунт идет из приемной камеры по шнековому конвейеру в бункер-накопитель и подается на поверхность ёмкостью, установленной на блоковозке. Для реализации данной задачи привлекались специалисты фирмы «Рова», Швейцария. Во-вторых, была изменена система нагнетания. Решили нагнетать раствор за обделку через блоки, т. к. при нагнетании через юбку раствор затвердевал у линий нагнетания. На ротор были установлены до-



Рис. 6. Успешно завершено строительство тоннеля проекта «Мелен 7» (Истамбул, Турция). Тоннель расположен между Европой и Азией под проливом Босфор



Рис. 7. ТПМК S-703 для проекта в Ченнаи перед заводской приёмкой

полнительные элементы для лучшего перемешивания грунта.

Также была изменена конструкция юбки щита. Если при предыдущей проходке юбка соединялась со средним щитом через цилиндры пассивной артикуляции, то теперь она приваривается по контуру к оставляемой оболочке среднего щита, т. к. опыт проходки показал, что узел соединения оказался ненадежен. Данные усовершенствования позволили добиться существенного (почти в 1,5 раза) увеличения скорости проходки, уменьшения трудозатрат, повышения безопасности производства, а также упростили и ускорили процесс демонтажа щита.

Стоит также отметить, что наша компания на сегодняшний день не только осуществляет Программу правительства Москвы по развитию столичного метрополитена (генподрядные работы ведутся более чем на 30 строительных площадках и 5 линиях), но и реализует проекты за рубежом, успешно участвует в международных тендерах. В последние годы получила продолжение давняя традиция Мосметростроя – работа за рубежом.

Столичные метростроители оказывали действенную консультативную и организационную помощь в руководстве начальным этапом на каждой новой стройке метро: в Нижнем Новгороде, Екатеринбурге, Санкт-Петербурге, Баку, Ташкенте, Киеве, Тбилиси, Ереване, Алма-Ате, Калькутте. Помогали прокладывать метрополитен в Праге и Варшаве.

В январе 2006 г. Мосметрострой в консорциуме с ЗАО «Объединение «Ингео-

ком» и двумя турецкими строительными компаниями ALKE и STFA выиграл тендер на сооружение гидротехнического тоннеля под проливом Босфор, объявленный Министерством природных ресурсов Турции (рис. 6). Проект «Мелен» призван обеспечить Стамбул пресной водой. Для создания 150-километрового водопровода необ-

ходимо было проложить 25 км тоннелей. Специалисты Мосметростроя работали на самом сложном участке, проходящем под проливом Босфор. Отрезок тоннеля протяженностью 3400 м на глубине 135 м был проложен щитовым способом. По результатам обработки данных бурения установили, что трасса тоннеля будет проходить в разнообразных горно и гидрогеологических условиях с пересечением зон тектонических нарушений и разломов, поэтому в технологический цикл проходки включили опережающее бурение на 40 м. Для сооружения тоннеля был приобретен механизированный тоннелепроходческий комплекс немецкого производителя горнопроходческого оборудования «Херренкнехт» диаметром 6 м. В связи со стесненными условиями сборки ТПМК, монтажная площадка размерами 35×10 м располагалась вдоль узкой долины, а комплекс длиной 142 м необходимо смонтировать поперек нее. Поэтому проектом было предусмотрено сооружение 200-метровой подходной штольни. Сооружение тоннеля завершилось в апреле 2009 г. Был произведен демонтаж ТПМК через ствол диаметром 8 м и глубиной 140 м. Максимальный вес выдаваемых элементов – 96 т. Для их подъема работали одновременно два автокрана грузоподъемностью 800 и 400 т. Для Мосметростроя это был первый опыт таких масштабных работ за рубежом в новой истории. Торжественная церемония, посвященная окончанию строительства уникального объекта с точки зрения технологий его ре-

ализации, состоялась 2 мая 2009 г. Московским метростроевцам удалось за 15 месяцев соединить тоннелем два материка. Успешные результаты проходки при экстремально трудных геологических условиях еще раз доказали: уровень российского тоннелестроения не уступает западному.

Работы за рубежом продолжились в июне 2010 г. – ОАО «Мосметрострой» совместно с израильской строительной компанией Minrav выиграло тендер на строительство участка скоростной железнодорожной линии между Тель-Авивом и Иерусалимом (см. «Метро и тоннели» № 6/2012). Заказчиком данного проекта выступает компания Israel Railways Ltd. (Израильские железные дороги). Проект является одним из крупнейших в стране и имеет статус национального. Новая линия Иерусалим – Тель-Авив включает в себя строительство железнодорожных тоннелей и заканчивается на подземной главной станции на глубине 80 м под Иерусалимом. ОАО «Мосметрострой» с помощью ТПМК «Херренкнехт» ведет проходку двух параллельных тоннелей длиной 3,5 км.

В феврале 2011 г. копилка зарубежных проектов Мосметростроя пополнилась еще одним проектом. Консорциум в составе ОАО «Мосметрострой» и «Гаммон Индия» выиграл тендер на строительство участка метрополитена в четвертом по величине индийском городе Ченнаи (административный центр штата Тамилнаду, Индия). Длина участка составляет 8,706 км, он включает в себя семь подземных станций. Население города быстро растет и на сегодняшний день достигло приблизительно 8 млн человек. Город испытывает необходимость в современном, удобном, надежном, быстром и экономичном виде транспорта. Строительство метрополитена способно решить эту задачу. Проект будет способствовать интеграции других видов общественного и частного транспорта и позволит наладить эффективное управление транспортной системой города. Проходческие работы будут проведены с помощью четырех тоннелепроходческих комплексов (рис. 7). В целом проект строительства метрополитена Ченнаи предполагает сооружение 19 подземных станций и 18 км тоннелей.



CONDAT STAB

укрепление грунтов и водонепроницаемость

CONDAT

LUBRIFIANTS

Компания **CONDAT**, имеющая 15-летний опыт в области тоннелестроения и работ, связанных с укреплением грунтов, всегда играла активную роль в разработке специализированных продуктов для этой отрасли. Компанией разработан полный спектр продукции, соответствующей различным типам грунтов и применяемого оборудования, а также отвечающей требованиям экологии и безопасности.

Продукция **CONDAT Stab** была разработана для решения задач укрепления грунта и водонепроницаемости при строительстве подземных сооружений и других видов подземных работ.

Компания **CONDAT** предлагает ускорители схватывания для растворов на силикатной основе, используемых для укрепления грунта путем нагнетания. Благодаря их высокой проникающей способности можно достичь максимального заполнения пустот и трещин в грунте, а следовательно, и максимальной водонепроницаемости. Нагнетание раствора в проницаемый грунт позволяет:

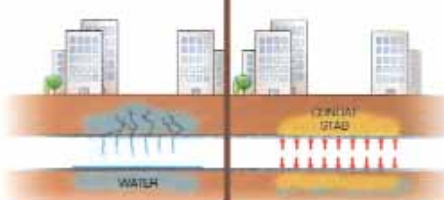
- повысить его механическую прочность;
- уменьшить проницаемость.

Области применения CONDAT Stab

Укрепление стен стартовых котлованов при запуске тоннелепроходческих комплексов



Ремонт существующих подземных коммуникаций в случае их повреждения



Ремонт и укрепление фундаментов



Водонепроницаемость и герметизация подземных сооружений



Укрепление насыпей



Работа тоннелепроходческого комплекса в предельно тяжелых условиях



Официальный представитель фирмы Condat Lubrifiants в России
ООО «ТА Инжиниринг Инт.»
107078, Москва, ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3
тел.: (495) 724-7481
тел./факс: (495) 981-8071

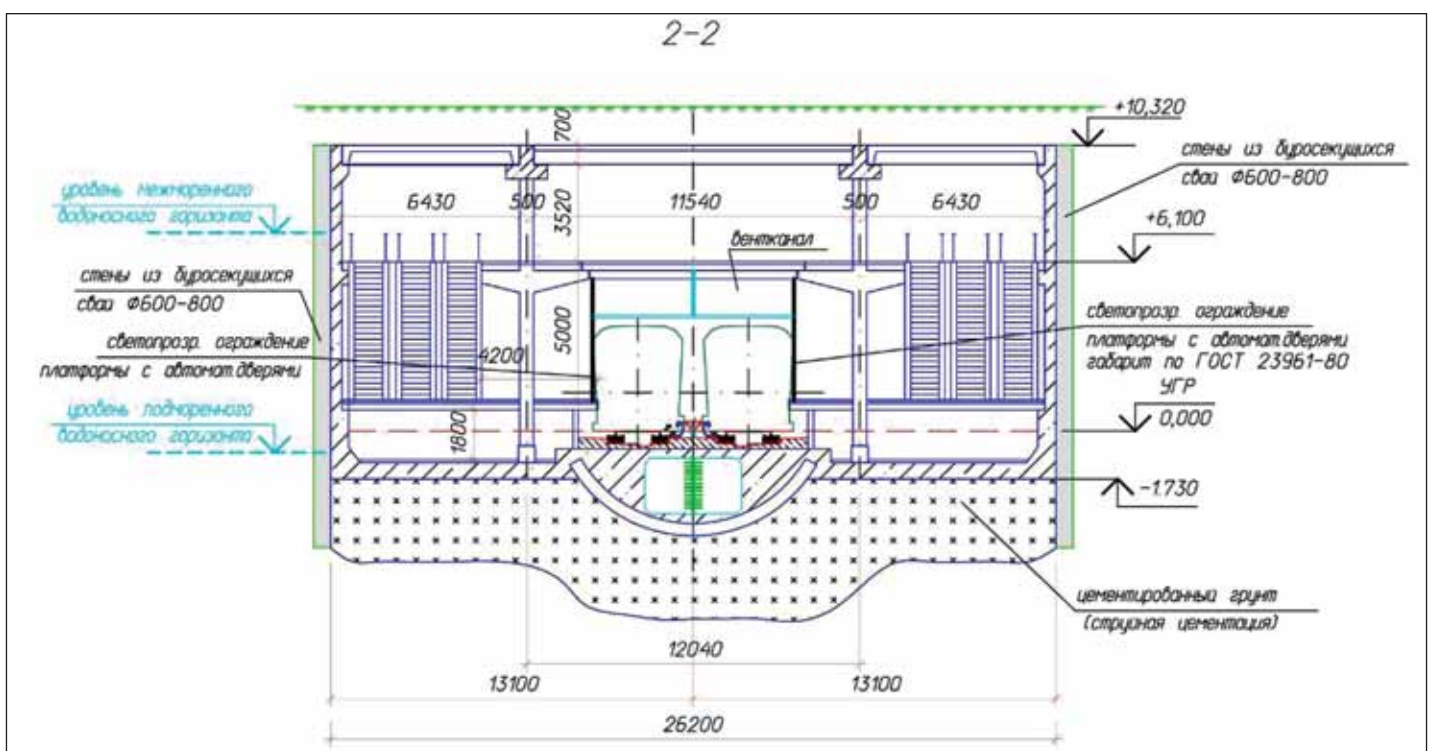
реклама

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНОГО УЧАСТКА ГОРОДСКОЙ ВНЕУЛИЧНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В МОСКВЕ

А. П. Мельник, Г. А. Мельник, ООО «Красноярскметропроект»
А. Г. Полянкин, Сибирский государственный университет путей сообщения

Транспортная логистика и мобильность населения имеют решающее значение в развитии экономики больших городов и эффективном использовании личного времени их жителей. Особенно остро этот вопрос встает в мегаполисах с населением более 10 млн человек. Уличное движение затрудняется из-за пробок наземного городского транспорта, длина которых с каждым годом только увеличивается. Наиболее эффективным решением данной проблемы является строительство внеуличных подземных транспортных систем (метрополитенов), позволяющих передвигаться по городу без наземных видов транспорта и связанных с ними потерь времени. Развитие метростроения и освоения подземного пространства крупных городов – устойчивая мировая тенденция на протяжении последних нескольких десятилетий. В этом вопросе Россия пока отстает из-за недоработок законодательной базы и отсутствия реалистичной целостной концепции освоения подземного пространства крупных городов. Строительство традиционными методами, подразумевающее последовательное сооружение двух перегонных тоннелей и станционных комплексов, себя не вполне оправдывает. Не зря от него почти полностью отка-

зались за рубежом. Согласно решению 3-го семинара по автоматизации метро, проходившего 5–6 марта 2012 г., к 2020 г. 75 % всех новых линий будет разработано для системы поездов без машинистов, работающих автоматизировано. Концепция автоматизированного метро накладывает свои требования к техническим решениям станций. Например, существенно снижаются необходимые объемы подземного пространства станции. Это означает, что строительство метрополитенов традиционными методами будет сокращаться теми же темпами. В данный момент по Программе расширения Московского метрополитена начато строительство 87,9 км линий. Власти заинтересованы, чтобы они были построены в течение обещанных пяти лет. Проблема в том, что при строительстве 87,9 км линий, необходимо построить не менее 45 станций. Строительство станции традиционными методами занимает от двух до трех лет. Если начать строительство прямо сейчас, казалось бы, можно успеть. Однако мощности российских тоннеле- и метростроительных организаций ограничены, кроме того на сроки реализации программы оказывают существенное влияние организационные вопросы, связанные с началом изысканий, проектирования,

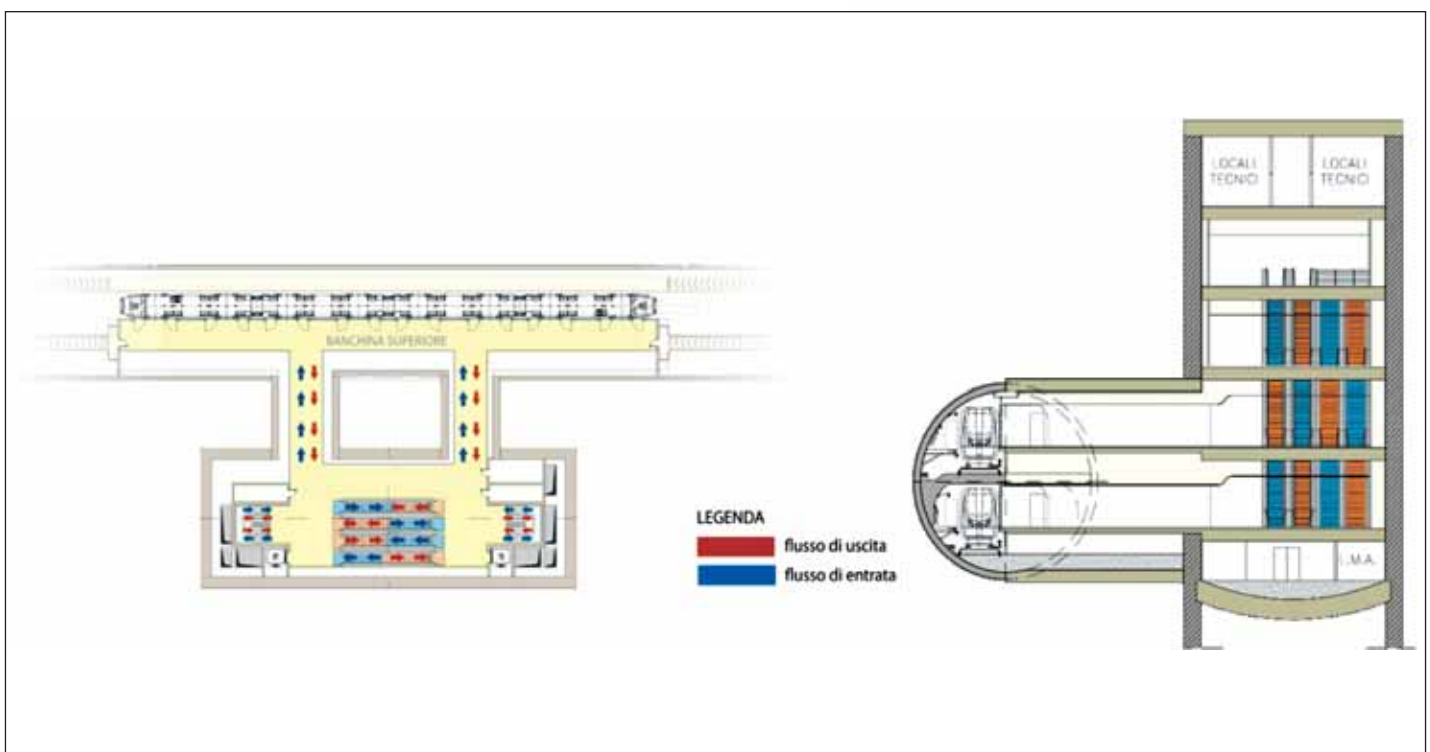
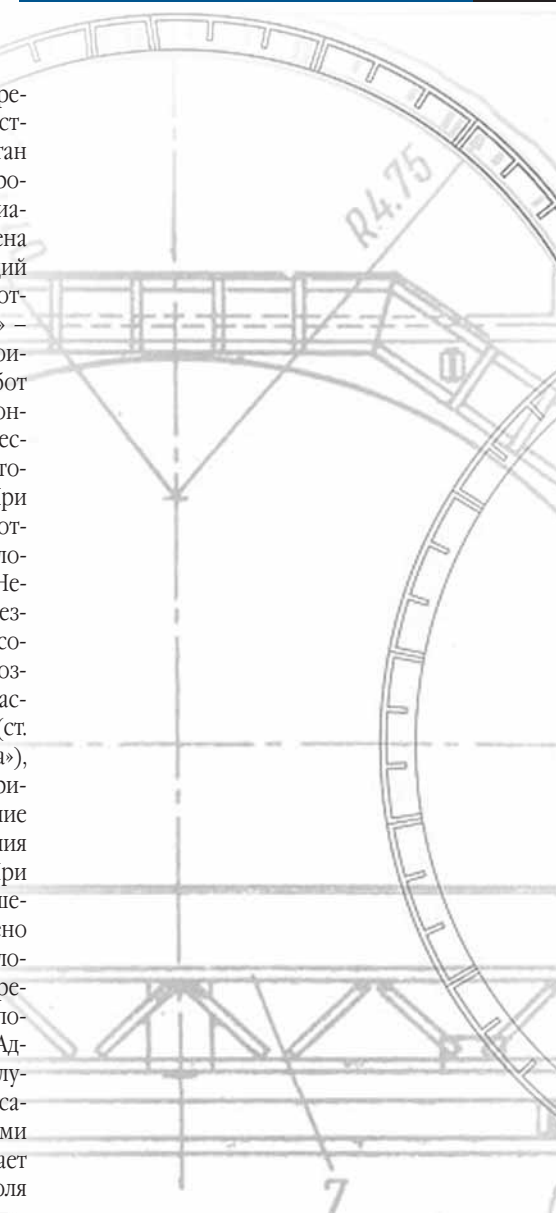


Конструкция станций открытого способа работ

экспертизы, отводом земли и получения рабочей документации.

Но есть и более весомый аргумент, связанный с выбором концепции скоростного строительства объектов метрополитена. Сооружение станций закрытого способа работ частично тормозит график проходки перегонных тоннелей. Попытки ускорить возведение станций влекут необоснованные дополнительные расходы. Налицо противоречие, которое не позволит реализовать проект в намеченные администрацией города сроки. С другой стороны, многие решения уже были получены в результате мировой практики последних лет. Уникальность данной ситуации для Москвы состоит в возможности комплексного решения разнообразных задач, основываясь на имеющемся успешном мировом и российском опыте строительства метрополитенов. Можно разом внедрить все эффективные решения, над которыми западные и отечественные ученые и проектировщики работали многие годы, и не наступать на грабли, уже истертые ногами зарубежных коллег. Для скоростного строительства метро в крупнейших городах мира принята концепция сквозной проходки с использованием щитов большого диаметра. Следует отметить, что это не просто локальное новое техническое решение. Это смена парадигмы строительства и эксплуатации метрополитенов с точки зрения экономической эффективности работ, эксплуатации, обеспечения комфорта, безопасности и надежности подземных пассажирских перевозок. Используя достижения современного метростроения, в рамках работ по реализации Программы развития Московского метрополитена до 2020 г. нами были разработаны варианты строительства Кожуховской линии (ввод в 2016 г. участка «Авиамоторная» – «Некрасовка» с электро-

депо «Руднёво»), состоящей из 19,2 км перегонных тоннелей и девяти станций). В качестве варианта строительства был разработан проект, предусматривающий сквозную проходку с использованием щитов большого диаметра. Трасса Кожуховской линии разделена на два участка, на которых часть станций («Некрасовская» – «Косино») сооружается открытым способом работ, и часть («Косино» – «Авиамоторная») – закрытым. Схема строительства участка открытого способа работ предусматривает сквозную проходку перегонного тоннеля с помощью тоннелепроходческого механизированного комплекса с грунтопригрузом внутренним диаметром 9,4 м. При этом сооружение станции предусмотрено в открытом котловане с использованием технологии «стена в грунте». На всей линии от ст. «Некрасовская» до ст. «Косино» и для камеры съездов с обратными тупиками у ст. «Косино» сооружается один двухпутный тоннель со сквозной проходкой ТПМК через котлованы, частично построенные открытым способом (ст. «Косино-Ухтомская» и «Салтыковская улица»), по сооруженному в основании станции криволинейному лотку. Планировочное решение станции обеспечивает организацию движения пассажиров без пересечения их потоков. При разработке объемно-планировочного решения станционного комплекса предусмотрено расположение групп помещений в виде блоков: кассового, бытового – с постоянным пребыванием персонала, производственных помещений и помещений здравоохранения. Административные, производственные и служебно-технические блоки отделены от пассажирских помещений противопожарными преградами. Станционный комплекс включает в себя платформенный участок, два вестибюля с кассовыми залами № 1 и 2 и блоками слу-



Конструкция станций закрытого способа работ

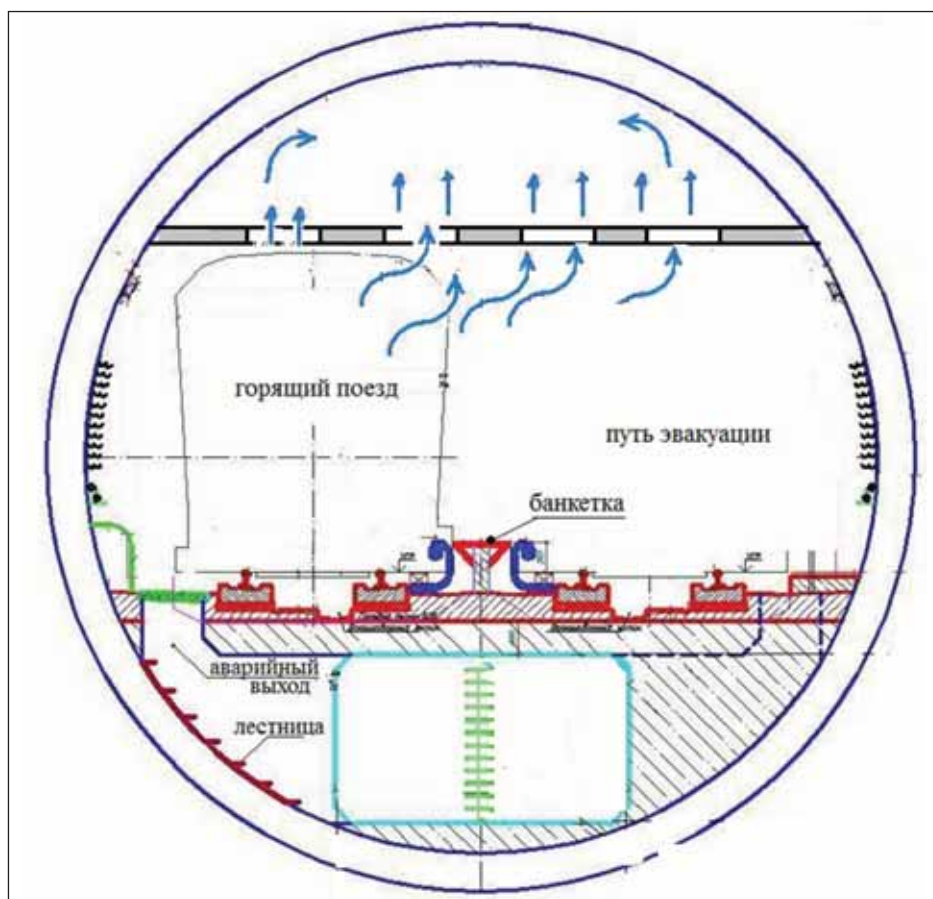


Схема движения смеси воздуха с пожарными газами при пожаре в тоннеле

жебных помещений (БСП) над платформой, тягово-понижительную подстанцию (ТПП), устройства тоннельной вентиляции (УТВ) и дымозащиты (ГДЗ), входные группы с лестничными спусками и устройствами воздушно-тепловых завес. Предлагаемый способ позволяет существенно сократить длину станции, практически в пределах границ платформенного участка. Это достигается за счет отсутствия вентсбоек, применения компактных сооружений венткомплекса (венткамеры с вертикальными вентиляторами) и размещения ТПП с блоками служебных помещений (БСП) в уровне кассового зала над платформой. На участке линии метрополитена, где предусмотрен закрытый способ работ (от ст. «Косино» до «Авиамоторной»), проходка перегонного тоннеля и станции выполняется ТПК с внутренним диаметром 12,5 м, при этом становится оптимальным размещение в одном объеме путей тоннелей и платформ станции в два уровня. Станции сооружаются закрытым способом в пространстве пройденного тоннеля. Габариты двухэтажной станции вписываются во внутренний контур обделки $D_{вн}/D_{н} = 12,5/13,5$ м. Соединение с поверхностью осуществляется через многоэтажный блок с эскалаторами, лестницами и лифтами. Преимуществом такой станции является безостановочная проходка выработки щитовым комплексом большого диаметра и независимое строительство технологических присоединений (входной группы сооружений) к подземной станции, как

по времени, так и по размещению по линии метрополитена. Длина посадочной зоны платформенного участка станции составляет 163 м. Платформа принята бокового типа шириной 4,95 м. Платформа колонного типа, шаг колонн – переменный по длине станционного комплекса. Входные группы решаются индивидуально для каждой станции в зависимости от её расположения и в увязке с уличной сетью. Конструктивные схемы станций назначены с учетом инженерно-геологических условий строительства, в том числе наличия водонасыщенных мелких пылеватых песков, легких суглинков и текучих супесей, высокого уровня грунтовых вод по трассе участка линии. В двухпутном тоннеле поезд перекрывает только 18 % площади тоннеля (в отличие от 50 % перекрытия в однопутном тоннеле). Это приводит к очевидным преимуществам системы тоннельной вентиляции метрополитенов с двухпутными тоннелями. Сравнение систем тоннельной вентиляции метрополитенов с двумя однопутными и одним двухпутным тоннелями показало, что в штатных режимах работы вентиляции можно ожидать некоторого снижения аэродинамической мощности на проветривание станций и тоннелей. В чрезвычайных ситуациях (при задымлениях и загазованиях подземных сооружений) задача создания безопасных путей эвакуации пассажиров и персонала имеет более эффективные решения в метрополитене с одним двухпутным тоннелем.

Выводы

Технология сквозной проходки с использованием щитов большого диаметра позволяет:

- сократить длину каждого станционного комплекса до 200 м, существенно уменьшив затраты на строительство и эксплуатацию;
- увеличить длины перегонных тоннелей, сооружаемых в однотипных конструкциях заводского изготовления, тем самым уменьшив сроки и стоимость строительства за счет использования средств механизации, более технологичного способа строительства станций;

- осуществить сквозную проходку линии с одновременным строительством станционных комплексов и существенно сократить сроки строительства, в полной мере использовать возможности поточного метода организации труда за счет независимости строительства перегонных тоннелей и станционных комплексов;

- применить более совершенную систему тоннельной вентиляции за счет отсутствия поршневого эффекта в двухпутном тоннеле, что существенно увеличивает качество вентиляции и надежность работы вентиляционного оборудования;

- использовать принципиально новую систему управления линией метрополитена, которая позволяет ввести автоматизированное управление движением поездов. Это ведет к существенному увеличению надежности и безопасности движения поездов, позволяет более рационально использовать трудовые ресурсы, существенно уменьшить затраты на строительство станций за счет уменьшения объемов административно-хозяйственных помещений, расположенных под землей;

- привлечь единого подрядчика для реализации однотипных конструктивных и технологических решений, тем самым сократить сроки и стоимость строительства;

- отказаться от вентиляционных, эвакуационных сбоек, камер съездов и вспомогательных выработок, тем самым сократить сроки и стоимость строительства;

- использовать дополнительные площади в нижней части сечения тоннеля для прокладки городских коммуникаций. Также вынос внутритоннельных систем обеспечения в огороженный отсек, отделенный от части перегонного тоннеля, в котором непосредственно происходит движение поездов, существенно повышает безопасность эксплуатации и позволяет уменьшить расходы на монтаж и содержание коммуникаций.

Таким образом, внедрение предлагаемой современной концепции сквозной проходки метрополитена с использованием щитов большого диаметра позволит выполнить Программу развития Московского метрополитена в намеченные сроки с более высокой экономической эффективностью строительства и эксплуатации, обеспечения комфорта, безопасности и надежности подземных пассажирских перевозок.

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



г. Пермь. ул. Кронштадтская, 35
тел./факс (342) 236-90-70
тел. в Ижевске (3412) 56-62-11
тел. в Краснодаре (861) 240-90-82
тел. в Красноярске (391) 208-17-15
тел. в Казани (843) 296-66-61

тел. в Москве (495) 643-78-54
тел. в Самаре (846) 922-56-36
тел. в Санкт-Петербурге (812) 923-48-15
тел. в Тюмени (3452) 74-49-75
тел. в Уфе (917) 378-07-48
тел. в Челябинске (351) 235-97-98

www.new-ground.ru, info@new-ground.ru

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ЗАВЕСЫ, ВЫПОЛНЕННОЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТОВ

А. Г. Малинин, к. т. н., технический директор ООО «СК «ИнжПроектСтрой»

Д. А. Малинин, аспирант ПНИПУ, ведущий инженер ООО «СК «ИнжПроектСтрой»

Технология струйной цементации грунтов нашла широкое распространение при решении различных задач подземного строительства – устройстве грузонесущих ограждений и вертикальных противофильтрационных завес (ПФЗ) вокруг глубоких котлованов, формировании зон укрепленного грунта при прокладке транспортных тоннелей, вертикальных стволов шахт в неустойчивых грунтах и т. д.

В перечисленных задачах часто требуется обеспечить плотное примыкание колонн, например, при возведении гидротехнических сооружений часто необходимо сформировать преграду для фильтрации воды, при строительстве котлованов в обводненных условиях – выполнить ограждающую конструкцию, одновременно предотвращающую поступление воды или обводненного грунта в котлован, при устройстве шахтных стволов – предотвратить выпуск неустойчивого грунта в забой выработки. Последствия подобных аварий могут не только привести к значительным дополнительным финансовым затратам по ликвидации последствий, но иногда – к полной потере подземного сооружения.

Именно по этим причинам перед началом строительства чрезвычайно важно убедиться в качестве конструкции из грунтоцементных колонн.

Сущность технологии

Основой технологии струйной цементации является использование энергии высоконапорной струи цементного раствора для разрушения и одновременного перемешивания грунта с цементным раствором в режиме «mix-in-place» (перемешивание на месте). После твердения раствора образуется новый материал – грунтобетон, обладающий высокими противофильтрационными характеристиками. Подробное описание технологии приведено в монографии [1].

Рассмотрим пример устройства однорядного ограждения для случая, когда требуется плотное примыкание колонн друг к другу. Здесь шаг устройства колонн составляет 50–90 % от их диаметра.

На рис. 1 показан порядок устройства колонн, который состоит из двух основных этапов. На первом этапе колонны устраивают через одну, на втором – выполняют промежуточные колонны, при этом струя цементного раствора «сканирует» поверхность ранее выполненных колонн, что обеспечивает их плотное прилегание друг к другу.

Дефекты ограждений и ПФЗ

В реальности ограждения и ПФЗ могут иметь дефектные зоны, через которые происходит фильтрация воды или, что еще опасней, – вынос обводненного грунта в подземное сооружение.

Существует две основные причины возникновения дефектов.

Первой причиной является расхождение колонн на глубине из-за отклонения

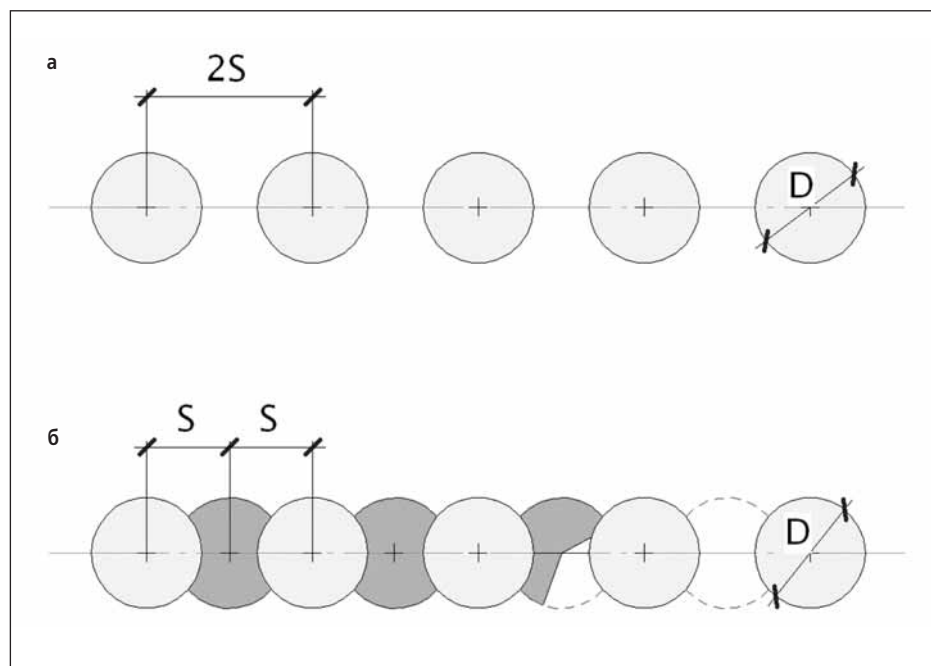


Рис. 1. Порядок устройства однорядной конструкции: а – этап № 1, б – этап № 2

бурового снаряда от вертикали при бурении лидерной скважины в процессе прямого хода.

Второй часто встречающейся причиной является нарушение сплошности однорядной конструкции или зоны цементации вокруг подземных выработок из-за того, что в процессе струйной цементации (обратный ход буровой колонны) не достигнут проектный диаметр колонн. Это часто происходит из-за несоответствия геологического строения грунтового массива результатам геологических

изысканий или из-за нарушения технологии производства работ.

В настоящее время не существует методик, позволяющих определить возможность возникновения дефектов в процессе производства работ. На практике дефекты вскрываются только в процессе разработки грунта при строительстве подземного сооружения. Ради справедливости отметим, что некоторые обнаруженные дефекты можно ликвидировать при помощи инъекции быстротвердеющих составов на основе цемента и синтетических смол, однако часто наличие дефектов

сопровождается аварийными протечками воды или выносом обводненного грунта в пространство подземного сооружения.

Конечно, определенным выходом из ситуации является проектирование объектов с большим «запасом», т. е. с меньшим шагом колонн или проектирование двух- или многорядных конструкций. Эти варианты дают большую гарантию надежности ПФЗ, но существенно увеличивают стоимость работ. Поэтому часто проектировщики выполняют проект «на грани фола». Именно на таких объектах особенно актуальным является контроль качества выполненных работ по технологии струйной цементации до строительства подземного сооружения.

В настоящей работе авторами предлагается использовать ультразвуковой метод для проверки качества сплошности ограждений или зоны укрепленного грунта с помощью технологии струйной цементации.

Ультразвуковой метод

Ультразвуковой метод контроля качества бетонных изделий начал широко применяться в 70-х годах. Основным его преимуществом является отсутствие необходимости изготовления дополнительных образцов для испытаний, т. е. возможность оценки качества реальной бетонной конструкции непосредственно на строительной площадке.

Метод основан на фиксировании времени прохождения ультразвукового сигнала через среду от передатчика до приемника. В зависимости от физических свойств материала происходит затухание амплитуды ультразвуковой волны.

О дефектах внутри конструкции можно судить, когда время прохождения сигнала является на порядок большим, чем время его прохождения на остальных участках или когда сигнал не обнаружен принимающим датчиком.

Именно на этом принципе основаны многие неразрушающие методы контроля железобетонных изделий и конструкций в соответствии с ГОСТ 17624-87.

В подземном строительстве ультразвуковой метод используется для контроля качества буронабивных свай и «стен в грунте». За рубежом ультразвуковой способ контроля описан в стандартах:

- ASTM D 6760-02 – Standard Test Method for Integrity of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing (Стандарт по методике испытаний бетонных глубоких фундаментов ультразвуковым исследованием сечения, США);

- AFNOR NF P 94-160-1 Soils: investigation and testing -Sounding of a buried work – Part I: Sonic core test (Грунты: исследование и испытание – Зондирование скрытых работ – Часть 1: Акустическое основное испытание, Франция).

Вышеприведенные стандарты регламентируют порядок выполнения работ и

методы анализа результатов. Контроль качества свай, как правило, всегда прописан в договоре, что для современной зарубежной геотехнической компании является нормой.

В настоящей работе приведены результаты применения существующих методик и стандартов для обнаружения дефектов в конструкциях из грунтоцементных колонн с помощью использования прибора CHUM. Отметим, что подобные результаты можно получить с помощью другого аналогичного прибора.

Описание прибора CHUM (Cross Hole Ultrasonic Monitor)

Прибор CHUM (производство Израиль) сконструирован для неразрушающего контроля качества буронабивных свай и «стен в грунте».

Прибор, представленный на рис. 2, состоит из следующих комплектующих элементов:

- основной блок CHUM,
- два ультразвуковых датчика,
- две катушки с кабелем по 50 м,
- два ролика с датчиками измерения глубины,
- соединительные кабели и блок питания.



Рис. 2. Внешний вид прибора CHUM

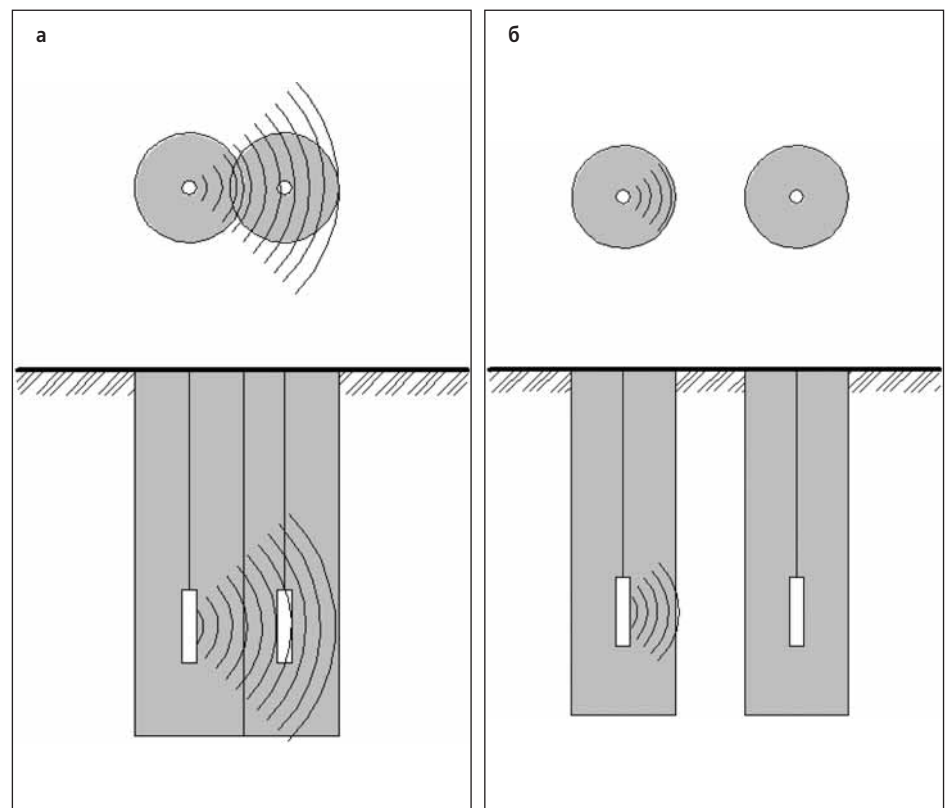


Рис. 3. Схематичный принцип действия: а – прохождения сигнала; б – отсутствие прохождения сигнала в случае расхождения свай



Рис. 4. Пример расхождения грунтоцементных колонн при устройстве ограждения котлована

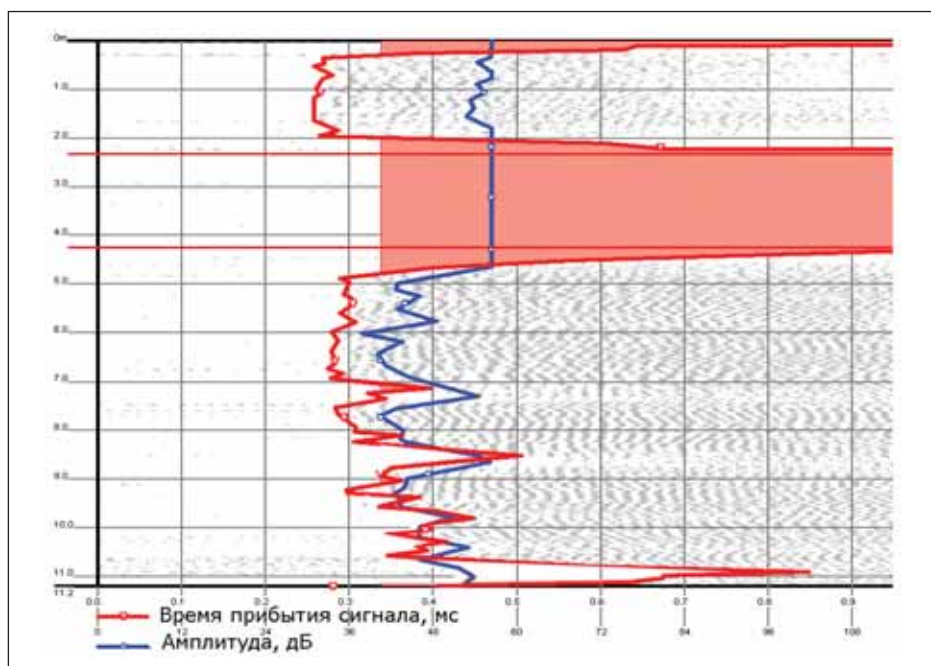


Рис. 5. Пример результатов измерений

Основной блок подключается через кабель USB к персональному компьютеру, на котором установлено специализированное программное обеспечение.

Описание методики контроля сплошности грунтобетонных конструкций

Для применения ультразвукового контроля следует выполнить следующие мероприятия.

После завершения устройства грунтоцементных колонн в ее тело опускается труба длиной равной глубине бурения и цементации. Труба не должна быть заполнена цементным раствором или иными сторонними элементами, поэтому нижний ее конец должен быть заглушен. Труба может быть металлической, если она выполняет функцию армирующего элемента. В случае устройства ПФЗ или сплошных зон укрепления

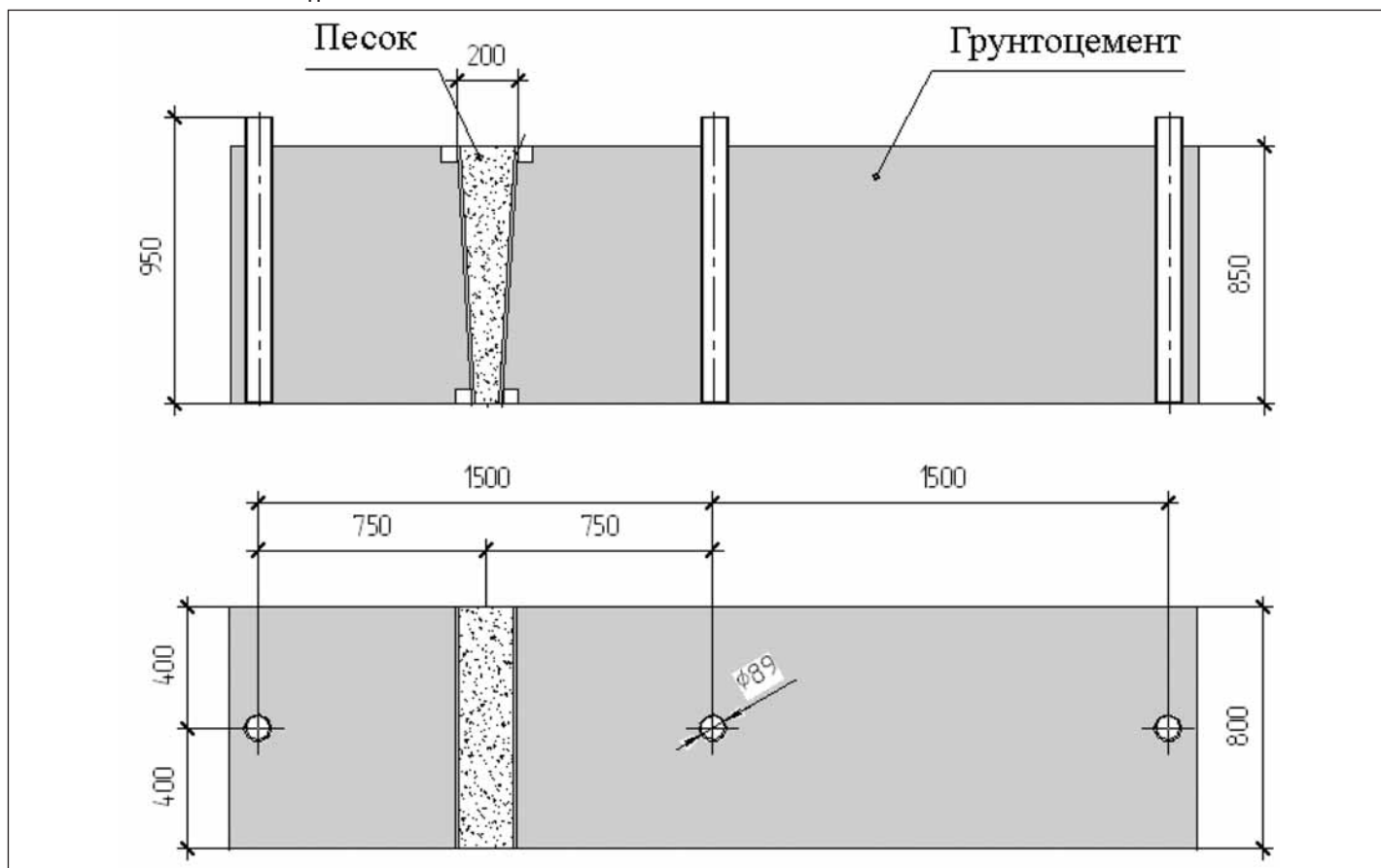
ного грунта можно использовать пластиковую трубку для снижения стоимости работ.

Каждая труба заполняется технической водой для передачи ультразвукового сигнала.

Ультразвуковые испытания проводятся через три-четыре недели после устройства грунтоцементных колонн, необходимых для набора прочности.

Ультразвуковые датчики (приемник и передатчик) опускают на одном уровне в две

Рис. 6. Схема испытательного стенда



соседние трубы до нижней отметки зоны цементации. Измерения проводятся снизу-вверх постепенным параллельным подъемом датчиков в зоне цементации с фиксацией данных.

В процессе измерений передатчик генерирует ультразвуковой сигнал, а приемник его принимает (рис. 3). Прохождение сигнала фиксируют на каждом интервале длины, который варьируют от 10 до 100 мм. Прибор фиксирует время прохождения через грунтоцементную среду и изменение мощности сигнала. С помощью роликов с датчиками прибор фиксирует глубину соответствующую измеренным данным.

Результаты измерений отображаются на персональном компьютере и сохраняются в файл. По их результатам проводится анализ сплошности грунтоцемента между колоннами.

Признаком качественной цементации грунта между колоннами является фиксация прохождения ультразвукового сигнала на всей глубине зоны цементации. Отсутствие сигнала указывает на наличие незацементированного грунта между колоннами (рис. 4).

Из результатов, приведенных на рис. 5, видно, что на глубине приблизительно от 2,5 до 4,5 м ультразвуковой сигнал не зафиксирован, что может свидетельствовать о расхождении колонн.

Тестирование работы прибора в грунтоцементе

Для апробирования метода контроля качества сплошности ультразвуком был смонтирован тестовый стенд, схематически представленный на рис. 6. В деревянный ящик размерами 3200×800×850 мм были установлены три трубы на расстоянии 1500 мм друг от друга. Между двух труб была искусственно сформирована прослойка из песка на всю высоту и ширину ящика с переменной толщиной от 100 до 200 мм. Ящик заполнен грунтоцементной пульпой, изъятая при производстве работ при выходе из устья скважины. Испытания проводили спустя 1 месяц после заполнения стенда грунтоцементной пульпой.

При тестировании прибора ультразвуковой сигнал через песчаную перегородку не прошел. Измерения через вторую пару труб показали, что ультразвуковой сигнал проходит за 0,6–0,9 мс.

Проведения контроля качества на строительных площадках

При строительстве многоэтажного жилого дома в г. Пушкино (Московская область) предприятием «Строительная компания «ИнжПроектСтрой» выполнены работы по устройству ограждения котлована методом струйной цементации грунтов. Котлован глубиной 6 м предстояло соорудить в обводненных песках. Стена из пересекающихся



Рис. 7. Контроль качества ПФЗ в г. Пушкино



Рис. 8. Котлован, откопанный после контроля качества ультразвуковым способом

грунтоцементных колонн должна выполнять функцию ПФЗ.

Контроль качества сплошности ограждения проводили ультразвуковым методом (рис. 7).

По результатам измерений была выполнена корректировка технологических параметров струйной цементации. На некоторых участках ограждения котлована, где показания прибора были неудовлетворительными, осуществили дополнительную цементацию. После откопки котлована протечек грунтовых вод зафиксировано не было (рис. 8).

Также, методика контроля ультразвуком применялась при строительстве котлована подземной парковки делового центра в г. Перми, котлована еще одного жилого многоэтажного дома в г. Пушкино и других ответственных подземных конструкций.

В целом, методика хорошо зарекомендовала себя применимо к грунтоцементным конструкциям и была запатентована авторами [2]. Внедрение способа контроля качества ультразвуком даст заказчику и подрядчику убедиться в корректном исполнении проектного решения до разработки грунта.

Литература:

1. Струйная цементация грунтов: монография/ А. Г. Малинин. – Пермь: Стройиздат, 2010. – 222 с.
2. Способ контроля качества строительной конструкции : патент 2392620 Российская Федерация, МПК7 G 01 N 33/38 / Малинин А. Г., Малинин Д. А.; заявитель и патентообладатель Малинин А. Г., Малинин Д. А. – № 2009116347/03 ; заявл. 28.04.09 ; опубл. 20.06.10, Бюл. № 17. – 15 с. : ил.



СВОД ПРАВИЛ 120.13330.2012 «МЕТРОПОЛИТЕНЬ» (АКТУАЛИЗИРОВАННАЯ РЕДАКЦИЯ СНиП 32-02-2003)

И. Я. Дорман, академик Российской академии естественных наук, д. т. н., профессор, вице-президент по научной работе ОАО «Метрогипротранс»



По плану актуализации нормативных документов Министерства регионального развития Российской Федерации на 2011–2012 гг. и по заказу структуры Минрегионразвития РФ – Федерального центра нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве (ФАУ «ФЦС») ОАО «Метрогипротранс» разработано Свод правил СП 120.13330.2012 «Метрополитены» (Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003), введенный в действие с 01.01.2013 г.

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 28.08.2010 г. № 385 «Об утверждении порядка проведения работ по разработке и утверждению сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил».

Прежде чем перейти к описанию разработки и существа положений, изложенных в СП 120.13330.2012 «Метрополитены», необходимо дать некоторые пояснения о созданной и действующей на сегодняшний день системе нормирования в строительной отрасли, так как у инженерной общественности возникает много вопросов по идеологии нормирования.

Итак, принятый в 2002 г. Федеральный закон «О техническом регулировании» оставил в сфере нормирования и стандартизации три вида нормативных документов, действующих в народном хозяйстве:

- технический регламент;
- национальный стандарт;
- стандарт организации.

Ключевые документы технического регулирования в строительстве, действовавшие в СССР и России более 60-ти лет – Строительные нормы и правила – СНиПы оказались за рамками установленной системы документов. Иными словами, Федеральный закон «О техническом регулировании» вы-

вел систему СНиП за рамки системы нормативных документов.

В 2007 г. были приняты поправки в Закон «О техническом регулировании», которые добавили к упомянутым трем документам «своды правил», разработка и утверждение которых поручалась отраслевым органам исполнительной власти. Применительно к строительной отрасли таким органом является Министерство регионального развития России, т. к. были упразднены и Госстрой и Минстрой.

Введение сводов правил, однако, не означало официального восстановления легитимности СНиП, как документов в области стандартизации. Принятый в конце 2009 г. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» придал «сводам правил» (которые еще только должны были быть разработаны в 2010–2012 гг.) статус, ранее принадлежавший СНиПам, что означало включение «сводов правил» в общенациональную систему стандартизации.

Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» по характеру своего изложения устанавливает лишь общие принципы обеспечения безопасности зданий и сооружений, делегируя новым нормативным документам (читай сводам правил) требования, которые должны обеспечивать основные виды безопасности, определенные данным законом, и имеющим обязательный характер. Эти нормативные документы должны включаться в

особый перечень, который утверждается Правительством.

Однако, поскольку к 1 июля 2010 г. новые своды правил не были разработаны в соответствии с Законом «О техническом регулировании», Распоряжением Правительства Российской Федерации от 21.06.2010 г. № 1047 был утвержден перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

В этот Перечень национальных стандартов вошли ГОСТы и СНиПы (названные по новому «национальными стандартами и сводами правил», поскольку, как отмечено выше, не было официального восстановления легитимности названия – СНиП). При этом под сводами правил технический регламент подразумевал лишь СНиПы, которые были утверждены органами исполнительной власти до принятия регламента.

В Перечне под № 84 фигурирует СНиП 32-02-2003 «Метрополитены», в котором к обязательным требованиям отнесены примерно только половина пунктов.

Существовавшая до настоящего времени и применяемая на практике нормативная техническая база была создана в дореформенный период, как инструмент единой государственной политики реализации научно-технического прогресса в строительстве. Ее разработка на протяжении более

60 лет велась главным образом силами научно-исследовательских институтов, но с широким привлечением проектных и производственных организаций. Все нововведения проходили экспериментальную проверку на основе НИОКР. Созданная нормативная база доказала свою надежность и получила международное признание. На сегодняшний день средний «возраст» СНиП составляет 20–25 лет, поэтому их актуализация стояла на повестке дня.

Из разработанных в то время 143 СНиП, самый «старый» датирован 1975 г. разработки, самый «молодой» – 2003 (СНиП 32-02-2003 «Метрополитены»).

В принятом в 1994 г. СНиП 10-01-94 «Система нормативных документов» была установлена определенная иерархия нормативных документов.

СНиП, как обязательные к применению, должны были содержать лишь основные общие технические требования по проектированию, инженерным изысканиям и т. д., а развивающими их документами были Своды правил. Своды правил согласно СНиП 10-01-94 являлись документами, содержащими с необходимой полнотой оправдавшие себя на практике положения, применение которых позволяет обеспечить соблюдение обязательных требований строительных норм, т. е. СНиП или ГОСТ. Своды правил одобрялись Минстроем России и утверждались самим разработчиком. Всего с 1995 г. до вступления в силу Федерального закона «О техническом регулировании» было разработано около 100 сводов правил. При проектировании метрополитенов применялся Свод правил СП 32-105-2004.

Своды правил и дальше продолжали разрабатываться, но орган их одобрявший был упразднен.

Возможность утверждения сводов правил в новом статусе и в рамках нового законодательства на уровне Минрегиона России появилась в 2008 г. после выхода уже вышеупомянутого Постановления Правительства от 19.11.2008 г. № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил», как независимых документов, то есть не связанных со СНиП или ГОСТ.

Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений», принятый в конце 2009 г., придал статус «старых СНиП» – новым «сводам правил» в новом понимании. Но статус прежних Сводов правил никак не был оговорён.

Таким образом, забыв упомянуть в изданном в 2002 г. Федеральном законе «О техническом регулировании» СНиПы и ГОСТы, неизвестные авторы закона занялись словесной эквилибристикой, окончательно запутав всех и, по-видимому, себя в терминологию.

И только после многочисленных претензий со стороны организаций строительного комплекса в формулировках названия новых сводов правил добавлены слова «актуализация такого-то СНиП», что как-то сохранило преемственность.

Необходимо отметить, что существовавшая нормативная база России полностью обеспечивала надежность и безопасность строящихся и эксплуатируемых строительных объектов. Все строительные конструкции в нашей стране рассчитывались и проектировались по российской системе нормативных документов (СНиП), в основу которой положен метод расчета конструкций по предельным состояниям. Определение нормативных показателей прочности и деформативности строительных материалов выполнялось на основе требований, заданных для них в национальных стандартах (ГОСТ). На основании этих ГОСТов заводы выпускали строительные материалы. Строительные нормы на проектирование конструкций и изделий из этих материалов (железобетон, сталь, каменная кладка, дерево и др.) определяли для них различные коэффициенты надежности.

Итак, старая база потеряла легитимность, а новая в виде сводов правил только начиналась создаваться в 2010–2012 гг.

Как же нужно было поступать проектировщикам?

И вот в недрах Минрегионразвития родился удивительный документ – приказ от 21.10.2010 г. № 454 «О порядке разработки и согласования специальных технических условий (далее СТУ) для разработки проектной документации на объект капитального строительства».

В нем прописывалось, что в случае, «если для разработки проектной документации на объект капитального строительства недостаточно требований по надежности и безопасности, установленных нормативными техническими документами» (см. выше перечень в Распоряжении № 1047), то следует разрабатывать СТУ.

И организации были вынуждены проявлять чудеса проектной эквилибристики по составлению СТУ. На практике СТУ создавались на базе апробированных старых СНиПов, а созданный при Минэкономразвитии нормативно-технический совет их прилежно утверждал. На разработку, согласование в многочисленных инстанциях, рассмотрение и утверждение СТУ тратилось время и деньги.

Итак, после «прояснения» сегодняшней «идеологии» разработки нормативных документов в строительстве, родившейся в недрах Минрегионразвития, и получившей заказ на разработку Свода правил «Метрополитены», коллектив ОАО «Метрогипротранс» приступил к работе по актуализации СНиП 32-02-2003 в Свод правил «Метрополитены».

Своду правил был присвоен индекс «СП 120.13330.2012» в соответствии с процедурой официальной регистрации в ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» и размещен в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Разработка Свода правил «Метрополитены» проводилась в соответствии с требованиями Федеральных законов «Градострои-

тельный кодекс Российской Федерации», «О техническом регулировании», «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», «Об энергосбережении», «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

СНиП 32-02-2003 имел объем всего около трех печ. листов и, по существу, носил декларативный характер, его трудно было использовать при конкретном проектировании.

На практике при проектировании пользовались разработанным в развитие СНиПа Сводом правил по проектированию метрополитенов СП-32-105-2004, но поскольку он носил рекомендательный характер и позволял принимать неоднозначные, нередко противоречивые решения, часто оспаривался экспертизой.

Учитывая чрезвычайно важное значение разработки актуализированного нормативного, а не рекомендательного документа по проектированию такого сложного объекта, которым является метрополитен, по согласованию с головными проектными организациями по метростроению (ОАО «Метрогипротранс», Москва и ОАО «Ленметрогипротранс», Санкт-Петербург), Управлениями метрополитенов в этих городах, научно-исследовательскими организациями (НИЦ ТМ ОАО «ЦНИИС», Тоннельная ассоциация России), строительными организациями (Метрострой, Трансинжстрой и др.) было принято логичное и наиболее правильное решение, а именно актуализировать СНиП 02-32-2003 на базе Свода правил по метрополитенам СП-32-105-2004, который имел объем 29,7 печ. листа.

Это предложение нашло понимание в Минрегионразвитии и национальном объединении проектировщиков (НОП) на совещаниях 31 марта 2010 г. и 1 апреля 2011 г., и в плане разработки актуализированных нормативных документов свод правил «Метрополитены» (актуализация СНиП 02-32-2003) был утвержден в объеме до 24 печ. л.

Метрополитен относится к наиболее сложным, ответственным и опасным сооружениям, поэтому целесообразно было прописать, как и ранее, в едином нормативном документе взаимосвязанные требования на всех этапах создания такой сложной транспортной, по существу уникальной, системы.

В актуализированном документе необходимо было прописать требования на стадиях изысканий, трассирования, разработки объемно-планировочных и конструктивных решений, при строительстве станций, перегонных и эскалаторных тоннелей, при проектировании систем управления движением поездов, на этапах монтажа и наладки электромеханического и сантехнического оборудования, устройства пути и, наконец, на стадии приемки в эксплуатацию всего комплекса метрополитена.

ОАО «Метрогипротранс», имеющее 80-летний опыт проектирования метрополитенов и являющееся основным автором-разработчиком всех ранее действующих

норм, правил, пособий и пр. в данной области, начиная с 40-х гг. прошлого столетия, считало необходимым для наиболее полного учета в новом нормативном документе современных достижений в области метроостроения составить перед разработкой Первой редакции макет документа, так называемую «нулевую» редакцию.

«Нулевая» редакция была разослана в ОАО «Ленметрогипротранс», ГУП «Московский метрополитен», Центр эпидемиологического санитарного надзора на метрополитене, НИЦ ТМ ОАО «ЦНИИС», ООО «Инжтоннель-геодезия», ОАО «Московский метрострой», НИИЖБ, ОАО «Казгражданпроект», ОАО «НИИАС», ООО «ИГИТ», Тоннельную ассоциацию России, ООО «Лайтон» и др.

На «нулевую» редакцию было получено несколько сотен замечаний, предложений, уточнений и т. п., которые в период июня-июля 2011 г. были обсуждены на 13 тематических рабочих совещаниях с участием представителей практически всех упомянутых организаций с составлением соответствующих протоколов.

В результате была разработана Первая редакция Свода правил. В ней, наряду с конкретизацией и уточнением положений ранее действующих норм, рассматриваются и регламентируются новые положения, в частности:

- технические решения по обеспечению доступности пользования метрополитеном маломобильными группами населения;
- требования к техническим организационным мероприятиям в части противодействия террористическим актам;
- современные модернизированные системы управления движением поездов;
- новые конструктивные решения тоннельных обделок;
- современные мероприятия по охране окружающей среды;
- новые, в том числе инновационные, технологии строительства тоннелей закрытым и открытым способами и др.

Раздел «пожарная безопасность» переработан на основании 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

По проектированию метрополитенов не существуют соответствующих Еврокодов, в связи с чем не имелось возможности произвести гармонизацию и сравнение с ними свода правил.

Тем не менее, в документе практически во всех разделах имеются многочисленные отсылки на требования новых, введенных в действие в 2011–2012 гг., сводов правил – актуализированных СНиП по нагрузкам и воздействиям, основаниям сооружений, бетонным и железобетонным конструкциям и др., которые, в свою очередь, гармонизированы с Еврокодами.

Текст первой редакции в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 19.11.2008 г. № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил» и Приказа

Минрегиона России №385 от 28.08.2010 г. «Об утверждении Порядка проведения работ по разработке и утверждению сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил в Министерстве регионального развития Российской Федерации» был опубликован на сайте Минрегиона России для возможности заинтересованным организациям ознакомиться с проектом нормативного документа и направить замечания и предложения главному исполнителю.

На 1-ю редакцию Свода правил было получено более 200 предложений, дополнений и уточнений. По мере поступления предложений производилась их предварительная систематизация и согласования для последующего публичного обсуждения и уточнение формулировок текста 2-й редакции Свода правил.

По результатам публичного обсуждения протокол и текст 2-й редакции Свода правил с приложением всех поступивших предложений и аргументацией их принятия или отклонения был направлен заказчику для организации проведения экспертизы и утверждения в установленном порядке.

Свод правил был утвержден Приказом Минрегиона России 30.06.2012 г. № 270 и введен в действие с 01.01.2013 г.

Но проектировщики столкнулись с очередным «подводным камнем» применения положений Свода правил, а именно сомнением Мосгосэкспертизы о легитимности документа.

Дело в том, что, как заявляют представители Мосгосэкспертизы, Свод правил 120.13330.2012 «Метрополитены» не включен в перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (см. выше Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21.06.2010 г. № 1047). Но совершенно ясно, что Свод правил 120.13330.2012 «Метрополитены», как и все остальные разработанные своды правил (более 100), не мог быть включен в Перечень, поскольку он был разработан позднее указанного Распоряжения.

Но экспертиза упорно заявляет, что признает его только после включения Свода правил в указанный Перечень, а до этого настаивает на разработке СТУ.

В связи с этим ОАО «Метрогипротранс» по данному вопросу обратилось во вновь образованное при Минрегионразвитии РФ Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству – «Госстрой» и получило следующее разъяснение: «Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству рассмотрело Ваше обращение от 20 декабря 2012 г. № 3016 01-14/4840 по вопросу вступления в закон-

ную силу Свода правил СП 120.13330.2012 «Метрополитены» и необходимости разработки специальных технических условий в отношении проектной документации для строительства метрополитенов и сообщает следующее.

Указанный свод правил утвержден и введен в действие с 1 января 2013 г. приказом Министерства регионального развития Российской Федерации в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 г. № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил».

С 1 января 2013 г. положения свода правил «Метрополитены» могут применяться в качестве нормативных требований для проектирования в частях, не противоречащих нормативным требованиям обязательного применения СНиПа 32-03-2003 «Метрополитены», включенного в Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р.

В случае применения при разработке проектной документации нормативных требований СНиПа 32-03-2003 «Метрополитены» и СП 120.13330.2012 «Метрополитены» разработка и согласование специальных технических условий не требуются.

Так, для примера, если в п. 84 (СНиП 32-0202003 «Метрополитены») Перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил) не присутствует в качестве обязательного раздел 5.16 «Пожарная безопасность», а в СП 120.13330.2012 «Метрополитены» он прописан, то проектирование этого раздела должно осуществляться без разработки СТУ.

Утверждение и введение в действие настоящего свода правил, регламентирующим в едином документе все аспекты проектирования метрополитена, позволит определить необходимый и достаточный уровень технических средств и организационных мероприятий, направленных на безаварийную и надежную работу метрополитенов, безопасность пассажиров, минимизацию нарушения экологического состояния окружающей зону прокладки трасс метрополитена пространства, как при строительстве, так и при эксплуатации.

И последнее. Документом заинтересовались в государствах СНГ (Белоруссия, Украина, Казахстан) и на его базе Минрегионразвития РФ (в лице Агентства «Госстрой») намерено создать межгосударственный нормативный документ по проектированию метрополитенов.

15–17
октября
2013 года,
Москва, ВВЦ,
павильон 75



Специализированная экспозиция «Подземный город»:

- ▶ проектирование и строительство подземных сооружений
- ▶ современные строительные материалы для подземных сооружений
- ▶ системы безопасности, вентиляции и освещения для подземных сооружений
- ▶ оборудование и техника для строительства и обслуживания тоннелей

www.city-build.ru

Организаторы:



+7 (495) 935-81-20
+7 (495) 935-73-50
e-mail: city@ite-expo.ru
www.ite-expo.ru

При поддержке:



АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКОМУ И МАРКШЕЙДЕРСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА

В. Б. Никоноров, Филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ» Тоннели и метрополитены»

В связи с ликвидацией Министерства транспортного строительства, а также его подразделений (Главтоннельметрострой и Управление по производству геодезических и маркшейдерских работ) произошла утрата единого центра управления производством геодезических и маркшейдерских работ и нормативной документацией при строительстве транспортных тоннелей. Это, в свою очередь, привело к значительному ослаблению состояния нормативной документации по производству геодезических и маркшейдерских работ в данной области строительства.

Указанные нормативные документы подразделяются (рис. 1):

- на Государственные Федеральные;
- документы объектов субъектов Федерации;

• производственно-отраслевые документы субъектов хозяйственной деятельности.

К Федеральным документам относятся:

- Строительные нормы и правила Российской Федерации – СНиП;
- Государственные стандарты Российской Федерации в области производства геодезических и маркшейдерских работ в строительстве – ГОСТ;

• Своды правил по производству геодезических и маркшейдерских работ в строительстве – СП;

• Руководящие документы геодезических и маркшейдерских работ в строительстве – РДС.

К нормативным документам субъектов Российской Федерации относятся территориальные нормы по производству геодезических и маркшейдерских работ в строительстве – ТСН.

К производственно-отраслевым нормативным документам относятся стандарты предприятий (объединений) строительного комплекса и стандарты общественных объединений – СТО и СТО по производству геодезических и маркшейдерских работ в строительстве.

Строительные нормы и правила Российской Федерации устанавливают обязательные требования, определяющие цели, которые должны быть достигнуты, и принципы, которыми необходимо руководствоваться в процессе выполнения геодезических и маркшейдерских работ.

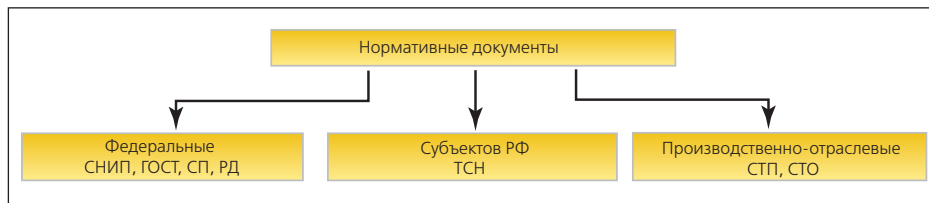


Рис. 1. Структура нормативных документов по геодезическому и маркшейдерскому обеспечению строительства тоннелей различного назначения

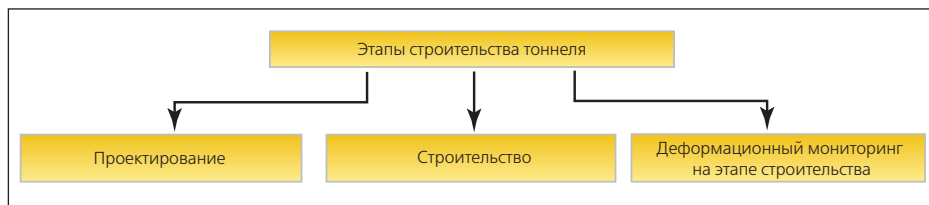


Рис. 2. Структура нормативных документов по геодезическому и маркшейдерскому обеспечению этапов строительства тоннелей различного назначения

Государственные стандарты Российской Федерации в области строительства устанавливают обязательные и рекомендуемые положения, определяющие конкретные параметры и характеристики отдельных видов геодезических и маркшейдерских работ для обеспечения технического единства при производстве работ.

Своды правил по производству геодезических и маркшейдерских работ при строительстве тоннелей различного назначения устанавливают рекомендуемые положения в развитие и обеспечении обязательных требований строительных норм, правил и общетехнических стандартов системы нормативных документов или по отдельным самостоятельным вопросам, не регламентированных обязательными нормами.

Руководящие документы системы нормативных документов устанавливают обязательные и рекомендуемые организационно-методические процедуры по осуществлению деятельности в области разработки и применению нормативных документов при производстве геодезических и маркшейдерских работ.

Территориальные строительные нормы устанавливают обязательные для применения в пределах соответствующих территорий и рекомендуемые положения, учитывающие природно-климатические и социальные обязанности, национальные традиции и экономические возможности республик, краёв и областей России.

Стандарты предприятий (объединений) устанавливаются для применения на данном предприятии или в объединении положения по организации и технологии производства, а также обеспечения качества продукции. При этом строительные акционерные, ассоциации, концерны и другие объединения в соответствии с правами, делегированными им их учредителями, устанавливают в стандартах предприятий (объединений) положения, необходимые для деятельности входящих в объединение производственных организаций и предприятий.

На поставляемую (сдаваемую заказчику) продукцию стандарты предприятия не разрабатывают. Требования к этой продукции при отсутствии государственных стандартов должны устанавливаться в технических условиях (ТУ), разрабатываемых в составе технической документации.

Наряду с нормативными документами системы при производстве геодезических и маркшейдерских работ при строительстве тоннелей различного назначения применяют:

- Государственные стандарты и другие документы по стандартизации, метрологии и сертификации Госстандарта России;
- нормы, правила и нормативы органов государственного надзора;
- стандарты отраслей, нормы технологического проектирования и другие нормативные документы, принимаемые отраслевыми министерствами, государственными комите-

тами и комитетами в соответствии с их компетенцией.

Нормативные документы по производству геодезических и маркшейдерских работ по этапам строительства тоннеля можно разделить следующим образом (рис. 2):

- производство геодезических работ при разработке проекта тоннеля;
- производство геодезических и маркшейдерских работ при сооружении тоннеля;
- производство геодезических и маркшейдерских работ при производстве деформационного мониторинга за сооружениями, попадающими в зону влияния строительства тоннеля.

Нормативные документы по производству геодезических и маркшейдерских работ по видам строительства тоннелей различного назначения можно разделить следующим образом (рис. 3):

- строительство железнодорожных тоннелей;
- строительство автодорожных тоннелей;
- строительство коммуникационных тоннелей;
- строительство гидротехнических тоннелей;
- строительство метрополитенов.

Нормативные документы на этапах строительства тоннелей различного назначения регулируют производство следующих геодезических и маркшейдерских работ (рис. 4):

- опорное планово-высотное обоснование по трассе тоннеля на этапе проектных, в т. ч. инженерно-геодезическое обеспечение изыскательских работ;
- планово-высотное сетей сгущения по трассе тоннеля на этапе проектных, в т. ч. инженерно-геодезическое обеспечение изыскательских работ и топографической съёмки;
- опорное планово-высотное обоснование по трассе тоннеля на поверхности на этапе его строительства;
- планово-высотное обоснование сгущения на поверхности по трассе тоннеля на этапе его строительства;
- опорное планово-высотное обоснование в тоннеле по мере проходки тоннеля на этапе его строительства;
- планово-высотное обоснование сгущения в тоннеле по мере проходки тоннеля на этапе его строительства;
- маркшейдерское обеспечение строительства тоннеля (щитовой проходки), в т. ч. исполнительная и текущая текстовая и графическая документация.

При строительстве тоннелей в зону влияния мульды осадок попадают (рис. 5):

- грунтовый массив;
- промышленные и гражданские здания;
- подземные сооружения, в т. ч. тоннели;
- искусственные сооружения (мосты, железнодорожные эстакады, автодороги и др.);
- ограждающие конструкции котлованов;
- подземные инженерные коммуникации;
- реки, каналы, шлюзы и др.;

При строительстве тоннелей в зону влияния мульды осадок попадают (рис. 5):

- грунтовый массив;
- промышленные и гражданские здания;
- подземные сооружения, в т. ч. тоннели;
- искусственные сооружения (мосты, железнодорожные эстакады, автодороги и др.);
- ограждающие конструкции котлованов;
- подземные инженерные коммуникации;
- реки, каналы, шлюзы и др.;

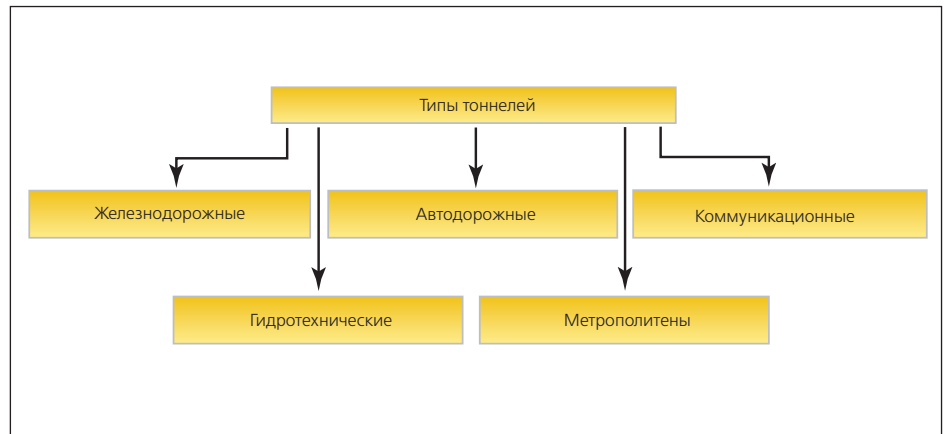


Рис. 3. Структура нормативных документов по геодезическому и маркшейдерскому обеспечению строительства по типам тоннелей различного назначения

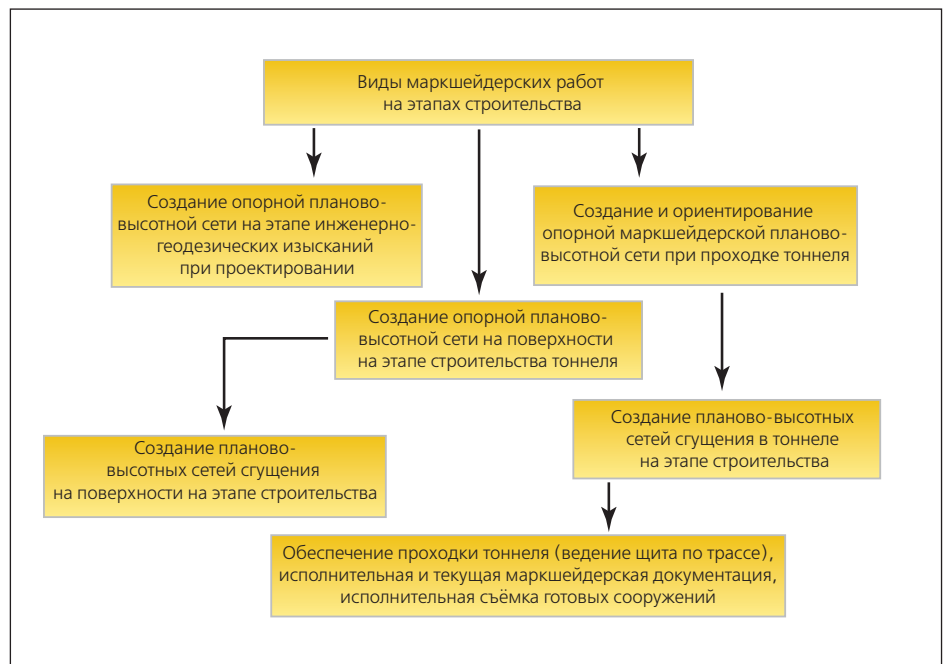


Рис. 4. Структура нормативных документов по геодезическому и маркшейдерскому обеспечению этапов строительства тоннелей различного назначения

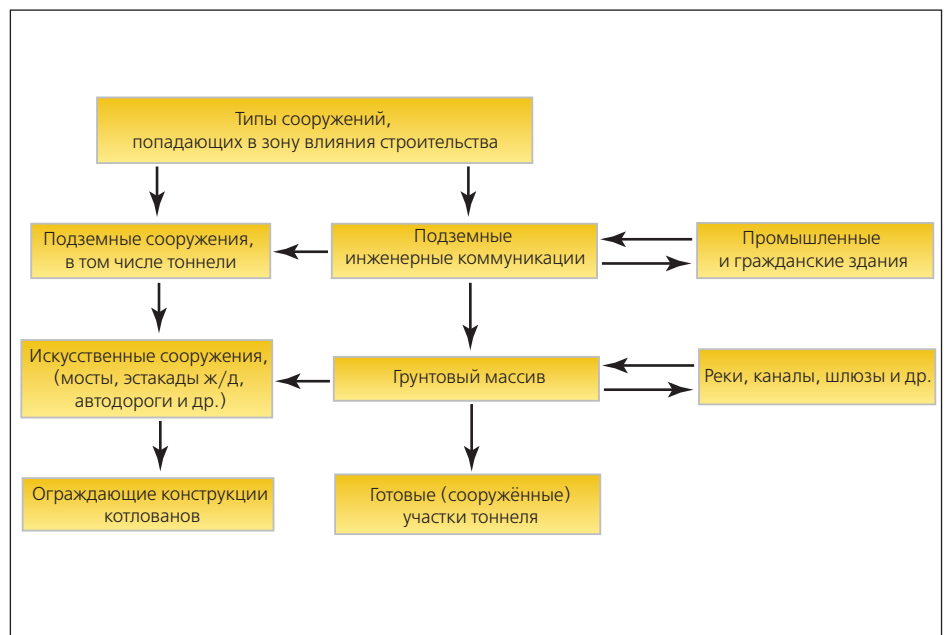


Рис. 5. Структура нормативных документов по геодезическому и маркшейдерскому обеспечению деформационного мониторинга строительства тоннелей различного назначения

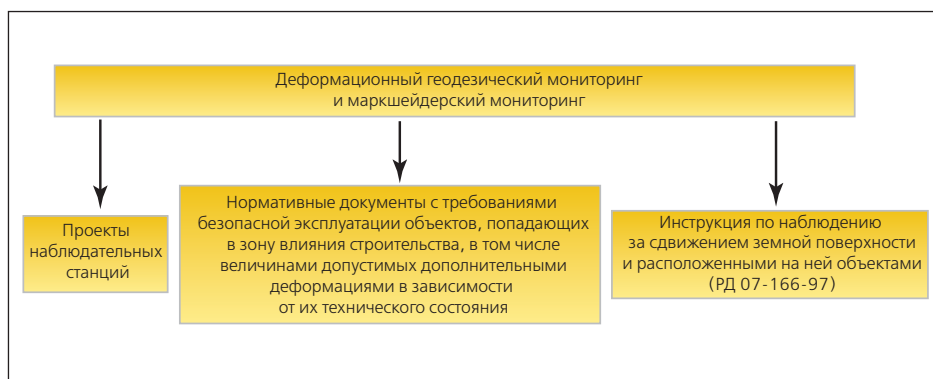


Рис. 6. Структура нормативных документов по геодезическому и маркшейдерскому обеспечению деформационного мониторинга строительства тоннелей различного назначения



Рис. 7. Структура работ при выполнении геодезического и маркшейдерского деформационного мониторинга при строительстве тоннелей различного назначения

• готовые (сооружённые) участки тоннелей.

Нормативные документы, которые используются для организации и производства геодезического и маркшейдерского деформационного мониторинга можно разделить следующим образом (рис. 6):

- разработка проекта наблюдательной станции;
- инструкция по наблюдению за сдвижением земной поверхности и расположенными на ней объектами (РД 07-166-97);
- нормативные документы с требованиями безопасной эксплуатации объектов, попадающих в зону влияния строительства с указанием величины допустимой дополнительной деформации объекта подработки.

Нормативные документы, которые при производстве деформационного мониторинга при строительстве тоннелей различного назначения регулируют производство следующих геодезических и маркшейдерских работ (рис. 7):

- разработка проекта наблюдательной станции;
- создание опорного планово-высотного геодезического обоснования и сетей сущения по трассе тоннеля для выполнения деформационного мониторинга;
- создание опорного планово-высотного и сетей сущения маркшейдерского обоснования в тоннеле для выполнения деформационного мониторинга по мере сооружения тоннеля;
- выполнение геодезических и маркшейдерских наблюдений за планово-высотными смещениями деформационных марок и реперов.

После рассмотрения структуры организации геодезических и маркшейдерских работ и их видов при строительстве тоннелей различного назначения, произведем анализ полноты охвата производства всех видов геодезических и маркшейдерских работ по технологической цепочке выполнения этих работ нормативными документами.

Анализ полноты нормативных документов по маркшейдерскому и геодезическому обеспечению строительства тоннелей различного назначения выполним по технологической цепочке: проектные работы – обеспечение строительства – выполнение деформационного мониторинга.

На этапе проектных работ для строительства тоннелей различного назначения используются следующие нормативные документы для регулирования производства геодезических работ:

- СНиП III-44-77. Тоннели железнодорожные, автодорожные и гидротехнические. Метрополитены;
- СНиП II-44-78. Тоннели железнодорожные и автодорожные;
- СНиП 32-04-2003. Метрополитены;
- СНиП 1.02.07-87. Инженерные изыскания для строительства;
- СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения;
- СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства;
- СП 32-105-2004. Метрополитены;
- СНиП 2.06.09-84. Туннели гидротехнические;
- ВСН 208-89. Инженерно-геодезические изыскания железных и автомобильных дорог;
- ГКИНТ (ГНТА) -01-006-03. Основные положения о государственной геодезической сети РФ;
- ГКИНТ 17-002-93. Инструкция о порядке осуществления государственного геодезического надзора в РФ.

На этапе сооружения (проходки) тоннелей различного назначения используются следующие нормативные документации для регулирования производства геодезических и маркшейдерских работ:

- Инструкция по производству геодезических и маркшейдерских работ. (Утв. Госгортехнадзором СССР 20.02.1985);
- ВСН 160-69. Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей;
- РД 07-166-226-98. Инструкция по производству геодезическо-маркшейдерских работ при строительстве коммуникационных тоннелей и инженерных коммуникаций подземным способом;
- СНиП 12-01-2004 Организация строительства;
- СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве;
- РД 07-408-01. Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр.

На этапе производства геодезического и маркшейдерского деформационного мониторинга:

- проект наблюдательной станции при строительстве, разрабатываемый по разделу промышленная безопасность для строительства тоннеля;
- РД 07-166-97. Инструкция по наблюдениям за сдвигами земной поверхнос-

ти и расположенными на ней объектами при строительстве в Москве подземных сооружений;

- СТО 36554501-008-2007. Обеспечение сохранности водонесущих коммуникаций при строительстве (реконструкции) подземных и заглублённых объектов;
- ВСН 163-83. Учёт деформаций речных русел и берегов водоёмов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов);
- ВСН 53-86 (р). Правила оценки физического износа жилых зданий;
- РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю;
- ГОСТ 24846-81. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений;
- РД 03-259-98. Инструкция о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подконтрольных органам Госгортехнадзора России;
- СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции;
- СНиП 2.01.09-91. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и посадочных грунтах;
- РД 34.21.322-94. Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадками фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций;
- РД 03-417-01. Методические рекомендации по составлению проекта мониторинга безопасности гидротехнических сооружений на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и организациях.

Рассматривая приведённые выше нормативные документы, которые необходимо использовать при производстве геодезических и маркшейдерских работ на трёх этапах строительства тоннеля, необходимо обратить внимание на их количество. Также необходимо учесть, что указаны не все нормативные документы с требованиями по безопасной эксплуатации различных сооружений, попадающих в зону влияния строительства тоннеля, которые необходимо использовать при разработке проекта наблюдательной станции.

Такое количество нормативных документов, которое необходимо использовать при производстве геодезических и маркшейдерских работ, требует разработки (хотя бы) трёх основных документов, учитывающих три основных этапа строительства тоннелей различного назначения по этим работам.

Это и является основным недостатком нормативных документов, регулирующих производство геодезических и маркшейдерских работ при строительстве тоннелей различного назначения.

В дополнение к отмеченному основному недостатку в нормативных документах необходимо также отметить, что они не полно отражают требования к геодезическому и маркшейдерскому производству.

Для примера рассмотрим:

- требование к отклонению горнопроходческого механизма (щита) от проектной оси для различных типов тоннелей (об однозначности определения этого допуска для различных типов тоннелей);
- требования к точности выполнения геодезических и маркшейдерских работ при выполнении деформационного мониторинга.

В первом случае нормативные документы, регламентирующие допуск на отклонения оси тоннеля от проектного положения при строительстве метрополитена, дают допуск ± 50 мм, но в этом допуске содержатся ошибки:

- опорной плано-высотной геодезической сети на поверхности (относительно проекта);
- опорной плано-высотной маркшейдерской сети в тоннеле (относительно проекта);
- задания маркшейдером направления проходки (щиту);
- отклонение горнопроходческого механизма (щита) от заданного направления проходки. Кроме этого, указанная ошибка (величина ± 50 мм) включает в себя отклонения в плане и по высоте от проектного положения. Если взять для примера:
 - ошибка (суммарная) плано-высотной сети на поверхности ± 15 мм;
 - ошибка (суммарная) плано-высотной сети под землёй (в тоннеле) ± 15 мм;
 - ошибка задания направления проходки на расстоянии от задатчика направления на расстоянии 30–50 м – ± 5 мм.

Суммарная ошибка положения оси тоннеля от проектного составит (как корень квадратный из суммы квадратов этих ошибок) ± 22 мм.

Отсюда суммарный допуск на отклонения щита от заданного направления проходки не должен превышать ± 45 мм, т. е. при отклонении щита под углом 45° от горизонтальной плоскости допуск на горизонтальную и вертикальную ось составит ± 32 мм. Следовательно, допуск ± 50 мм на отклонения щита от заданного направления проходки использовать нельзя.

В этой связи интересно рассмотреть методику определения допустимой величины отклонения щита от проектного направления, использованную французскими специалистами при строительстве Лефортовского тоннеля.

В определении допустимой величины отклонения щита от проектной трассы они использовали следующие слагаемые этого допуска:

- ошибка опорной геодезической плано-вой сети на поверхности – 8 мм;
- ошибка опорной геодезической высотной сети на поверхности – 3 мм;
- ошибка опорной маркшейдерской плано-вой сети в тоннеле – 35 мм;
- ошибка опорной маркшейдерской высотной сети в тоннеле – 3 мм;

- система задания направления проходки: от полигонометрии – 27 мм, от положения задатчика направления – 17 мм, от системы WMT – 17 мм, ведение щита – 117 мм;
- обделка: конструкция обделки – 8,6 мм, производство блоков – 20 мм, от монтажа обделки – 33 мм, деформация блоков после установки – 25 мм, сжатие (после восприятия горного давления) – 15 мм.

Отсюда суммарный допуск отклонения щита от проектного направления по их вычислениям составил ± 160 мм.

В принятой методике расчёта не учитываются требования габаритов приближения строения или допуск, на какую максимальную длину трассы приходится эта величина отклонения.

В связи с рассмотренными примерами определения допустимой величины отклонения щита от проектной трассы необходимо установить допуск, от которого однозначно считался бы допуск на отклонения щита, как в тоннелях метрополитена, так и железнодорожных тоннелях, автодорожных и других тоннелях.

В настоящее время, представляется целесообразно использовать для вычисления величины допуска на отклонения щита от заданного направления величину строительного допуска, разделяя эту величину на следующие части:

- маркшейдерскую (в т. ч. опорные плано-высотные геодезические и маркшейдерские сети и задание направление проходке);
- изменение конструкции обделки (в т. ч. и изменение геометрии от горного давления);
- отклонения щита от заданного направления проходки.

В дополнение к рассмотренной методике формирования допуска, рассмотрим вопрос о формировании требований к точности геодезических и маркшейдерских работ при проведении деформационного мониторинга.

В РД 07-166-97 допуск на точность геодезических и маркшейдерских работ при производстве деформационного мониторинга определяется в зависимости от технического состояния сооружения, типов грунта в его основании и класса геодезических работ.

При производстве геодезических и маркшейдерских работ по деформационному мониторингу наиболее целесообразно точность работ определять по величине допустимой дополнительной деформации для сооружения. Используя указанную методику, надо определять допустимую погрешность геодезических измерений, в т. ч. и класс точности геодезических и маркшейдерских работ, т. к. эксплуатирующие организации, порой, устанавливают допустимые дополнительные деформации для своих сооружений ± 0 мм.



УПРАВЛЕНИЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В. Е. Меркин, НИЦ по освоению подземного пространства ОАО «Мосинжпроект»
М. Г. Зерцалов, Д. С. Конюхов, МГСУ

Анализ аварийных ситуаций и аварий, произошедших за последние 60 лет в различных странах мира в строящихся и построенных тоннелях различного назначения, заставил специалистов подземного строительства, потенциальных инвесторов, а также представителей страховых компаний обратить самое пристальное внимание на изучение рисков их возникновения.

В результате уже в конце 1990-х гг. в ряде стран были разработаны и использовались системы управления рисками, входившие составной частью в большинство проектов строительства подземных сооружений. Раньше принятие мер, направленных на уменьшение степени рисков возникновения аварийных ситуаций, осуществлялось косвенным путём через инженерные решения, принимаемые в процессе проектирования и возведения подземного сооружения. Следует отметить, что подобная практика до сих пор сохраняется в нашей стране.

Вместе с тем, ещё в начале 2000-х гг. были изданы гармонизированные с Еврокодом ГОСТы¹, регулирующие управление рисками технологических систем, которые являются основой для создания аналогичных отраслевых и ведомственных нормативных документов. В эти же годы был опубликован ряд работ, посвящённых исследованию рисков в подземном строительстве и управлению ими. Всё это позволяет констатировать, что в настоящее время у нас имеется необходимая база для создания нормативных документов по управлению рисками возникновения аварийных ситуаций при проектировании, строительстве и эксплуатации подземных сооружений, особенно рисками, обусловленными спецификой подземного строительства (геологическими, гидрологическими, экологическими, топографическими и т. п.). С другой стороны, в создании подобных документов имеется острая необходимость в связи с продолжающимся увеличением объёмов строительства транспортных тоннелей, новых линий метрополитена, а также подземных сооружений различного назначения в крупных городах России, в частности в Москве.

Как показывает практика, риски возникновения аварийных ситуаций, обусловленные различными причинами, имеют место на всех этапах строительства и эксплуатации подземных сооружений, особенно тоннелей, протяжённость трасс которых в отдельных случаях достигает десятки километров, вслед-

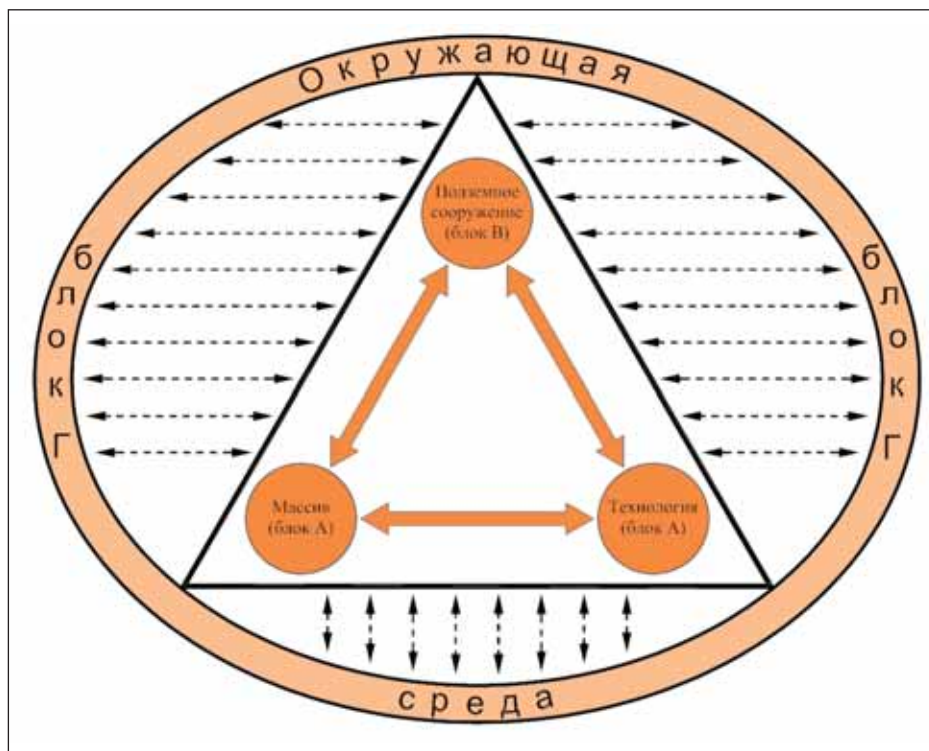


Рис. 1. Схема взаимодействия системы «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда (ПТГС)»

ствие чего условия их проходки и возведения по длине трассы (геологические, гидрологические, геомеханические, топографические и т. п.) могут существенно изменяться.

Подобное изменение условий строительства и эксплуатации вдоль трассы тоннелей приводит к тому, что различные участки её могут характеризоваться различным проявлением числа, вида и степени рисков возникновения аварийных ситуаций, что значительно усложняет работу проектировщиков и строителей, поскольку существенно влияет на время, качество и стоимость проектных и строительных работ.

Кроме того, в процессе строительства и эксплуатации подземного сооружения возникают различные аварийные ситуации, связанные с ошибками в решениях изыскателей, проектировщиков, строителей и эксплуатационного персонала. Перечисленные особенности строительства и функционирования подземного сооружения значительно усложняют его проектирование, в процессе которого принятие того или иного решения зависит от множества объективных и субъективных условий и факторов, характе-

ризующих взаимодействие подземного сооружения с вмещающим массивом, а через него с окружающей средой. Важнейшую роль при этом играет принятая технология подземного строительства.

Принимая это во внимание, проектирование подземного сооружения следует рассматривать, не как проектирование отдельного подземного объекта, а как проектирование системы элементов, функционирующей в течение всего жизненного цикла подземного сооружения. Такая система названа «природно-технической геосистемой (ПТГС)», составляющими элементами которой являются: подземное сооружение, вмещающий породный массив, строительная технология и окружающая среда (рис. 1).

Наличие тесной взаимосвязи между элементами ПТГС приводит к тому, что риск нарушения функционирования любого ее элемента может привести к нарушению функционирования всей системы.

Возведение подземных сооружений, характеризующееся вероятностью проявления многочисленных видов риска, всегда сопряжено с необходимостью принятия решений

¹ ГОСТ Р 51897-2002. Менеджмент риска. Термины и определения. М. Издательство стандартов, 2002

ГОСТ Р 51901-2002. Управление надёжностью. Анализ риска технологических систем. М. Издательство стандартов, 2002

ГОСТ Р 51901.4-2005. Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании. М. Издательство стандартов, 2005

по обеспечению экологической, технологической и эксплуатационной безопасности в районе строящегося объекта. Успешное выполнение этих решений определяется эффективностью организации управления рисками, которая во многом зависит от используемой классификации рисков, характерных для подземного строительства. Наличие подобной классификации необходимо для создания общей системы рисков, в которой каждому из них отведено своё место. Это, в свою очередь, позволяет разработать эффективные методы управления рисками с учётом их вида и специфических особенностей. В качестве примера можно привести классификацию на рис. 2.

Рассмотрение этой классификации показывает, что одним из основных рисков, который необходимо учитывать в подземном строительстве, является строительный, поскольку влияние ошибок, допущенных при проектировании и в процессе строительства, будет проявляться на всех этапах существования подземного сооружения. В свою очередь, строительный риск подразделяется на различные виды. На основе систематизации видов строительного риска предложена соответствующая их классификация (рис. 3).

Вместе с тем, при классификации рисков необходимо учитывать специфические условия, характерные для вмещающего породного массива, которые вносят большую степень неопределённости в принятие проектных и конструктивных решений. Принимая это во внимание, целесообразно при возведении подземных сооружений особо выделять и учитывать геотехнические риски, рассматриваемые как виды строительного риска (рис. 4).

Под геотехническими понимаются те строительные риски, проявление которых обусловлено топографическими, инженерно-геологическими, гидрологическими, геомеханическими и топографическими условиями района строительной площадки. Изменчивость этих условий в пределах района работ, как по площади, так и по глубине, особенно при строительстве сооружений большой протяжённости (например, по трассе тоннеля), существенно влияет на степень неопределённости геотехнических рисков. Эта неопределённость ещё более возрастает, если принять во внимание значительный разброс экспериментальных значений физико-механических характеристик грунтов по сравнению с характеристиками бетона, стали, железобетона и т. д. (рис. 5).

Несмотря на сложность рассматриваемой проблемы, в зарубежной практике подземного строительства уже разработаны и используются методики управления геотехническими рисками. Естественно, между этими методиками имеются определённые различия, однако все они объединяются одним общим принципом – ещё на стадии проектирования, до начала реализации любого проекта, необходимо постоянно стремиться к максимальному уменьшению возможности возникновения рискообразующих факторов, для чего следует руководствоваться следующими правилами:



Рис. 2. Классификация рисков при строительстве подземных сооружений

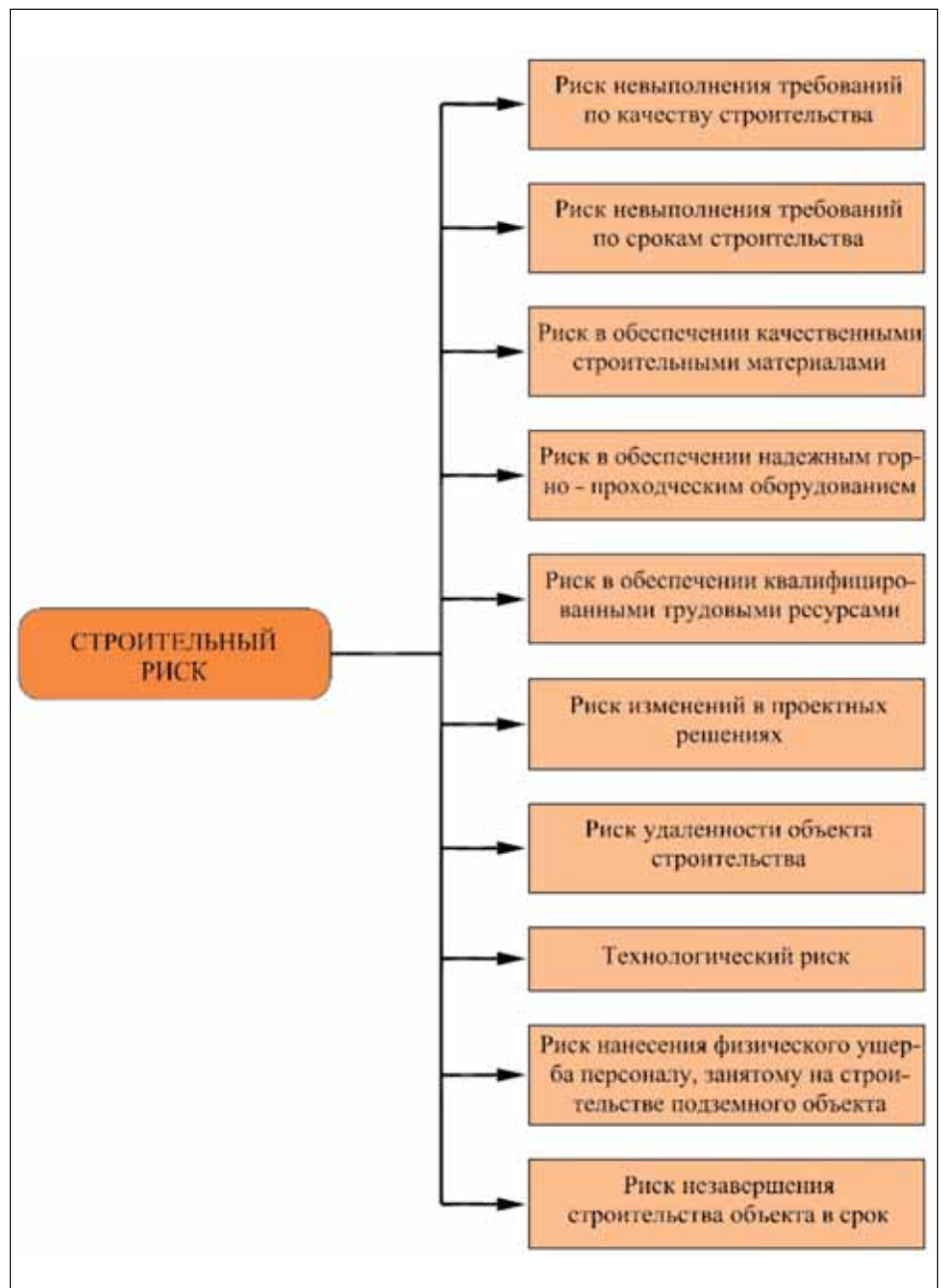


Рис. 3. Виды строительного риска при возведении подземных сооружений

• постоянно помнить, что поскольку инженерно-геологические условия в районе строительства не могут быть изменены, при неблагоприятном геотехническом прогнозе следует перенести месторасположение строительной площадки или запроектировать сооружение и выбрать технологию его возведения таким образом, чтобы оно было конструктивно и экологически безопасным и экономически выгодным;

• выполнять такой объём инженерно-геологических, гидрологических и геомеханических изысканий, который позволит с максимально возможной достоверностью определять геологическое строение породного массива и гидрологическую обстановку в районе строительной площадки, а также физико-механические характеристики слагающих массив грунтов, что позволяет существенно снизить на стадии проектирования неопределённость при выборе конструктивных и технологических решений;

• учитывать крайне сложный механизм взаимодействия подземного сооружения с породным массивом, тщательно выбирая геомеханическую модель поведения массива и назначая на её основе расчётную схему, отражающую наиболее полно взаимодействие системы массив – подземное сооружение;

• не забывать, что качественное выполнение проектных работ является лучшим способом минимизации геотехнических рисков;

• постоянно проводить в процессе строительства мониторинг геотехнических рисков и при необходимости, используя систему управления рисками, снижать их до приемлемого уровня, внося соответствующие изменения в проектные и технологические решения.

Особое внимание следует уделять проведению необходимого объёма инженерных изысканий, включая геомеханические испытания. Исследования показывают, что отношение увеличения общей стоимости строи-

тельства к проектной сметной стоимости значительно уменьшается при увеличении расходов на инженерные изыскания в районе строительной площадки (рис. 6).

В системе управления геотехническими рисками установление причин (факторов), обуславливающих появление неблагоприятных рисков событий в районе строительства, является важным этапом, на котором все касающиеся района строительства материалы обобщаются, систематизируются и анализируются, для чего выполняются следующие мероприятия:

• проводятся инженерные изыскания, и осуществляется сбор доступной информации (топографические и геологические карты, книги и журнальные статьи, результаты аэрофотосъёмки и наблюдений со спутников), характеризующей район строительной площадки с точки зрения геологии, гидрологии, топографии, экологии, истории и т. д.;

• на основе полученной информации строятся инженерно-геологические разрезы и геомеханические модели, в которых с наиболее возможной подробностью воспроизводится геологическое строение породного массива, и задаются физико-механические характеристики его структурных элементов;

• образуется группа экспертов, анализирующих инженерно-геологическую обстановку в районе строительной площадки и выявляющих структурные особенности породного массива и его состояния, которые в процессе строительства могут вызвать нежелательные последствия и стать причинами возможных геотехнических рисков;

• экспертами определяется вид рисков и места их возможного проявления, учитывая назначение и тип проектируемого подземного сооружения.

Определение и систематизация причин геотехнических рисков позволяет перейти к их анализу и количественной оценке.

Для этого необходимо:

• составить перечень рисков, возникновение которых возможно в процессе строительства и эксплуатации подземного сооружения;

• установить рейтинг этих рисков с определением ранга каждого по вероятности его проявления и ожидаемому ущербу, который может быть нанесён сооружению, в виде увеличения сроков и стоимости строительства;

• произвести количественную оценку выявленных геотехнических рисков и внести их в регистрационную ведомость (реестр рисков);

• привязать каждый риск к соответствующей фазе реализации проекта строительства и систематизировать риски по их влиянию на различные этапы строительства;

• определить мероприятия по управлению каждым риском в зависимости от вероятности его возникновения, с указанием предполагаемых конструктивных и технологических способов для реализации этих мероприятий и рассмотрения последовательно вариантов исключения каждого риска, минимизации его или управления им;

• повторно оценить степень проявления каждого риска после проведённых мероприятий и внести новые результаты в регистрационную ведомость;

• проводить регулярную ревизию регистрационной ведомости рисков (реестра рисков), добавляя в неё новые (если они возникают) риски, и исключая из ведомости риски, по управлению которыми были выполнены намеченные мероприятия;

• корректировать, если необходимо, принятые меры по управлению рисками.

Идентификация геотехнических рисков и их количественная оценка позволяют также определить нежелательные последствия и установить ущерб, ожидаемый при строительстве сооружения и его эксплуатации в случае реализации рисков событий.

С целью уменьшения ожидаемого ущерба систему управления геотехническими

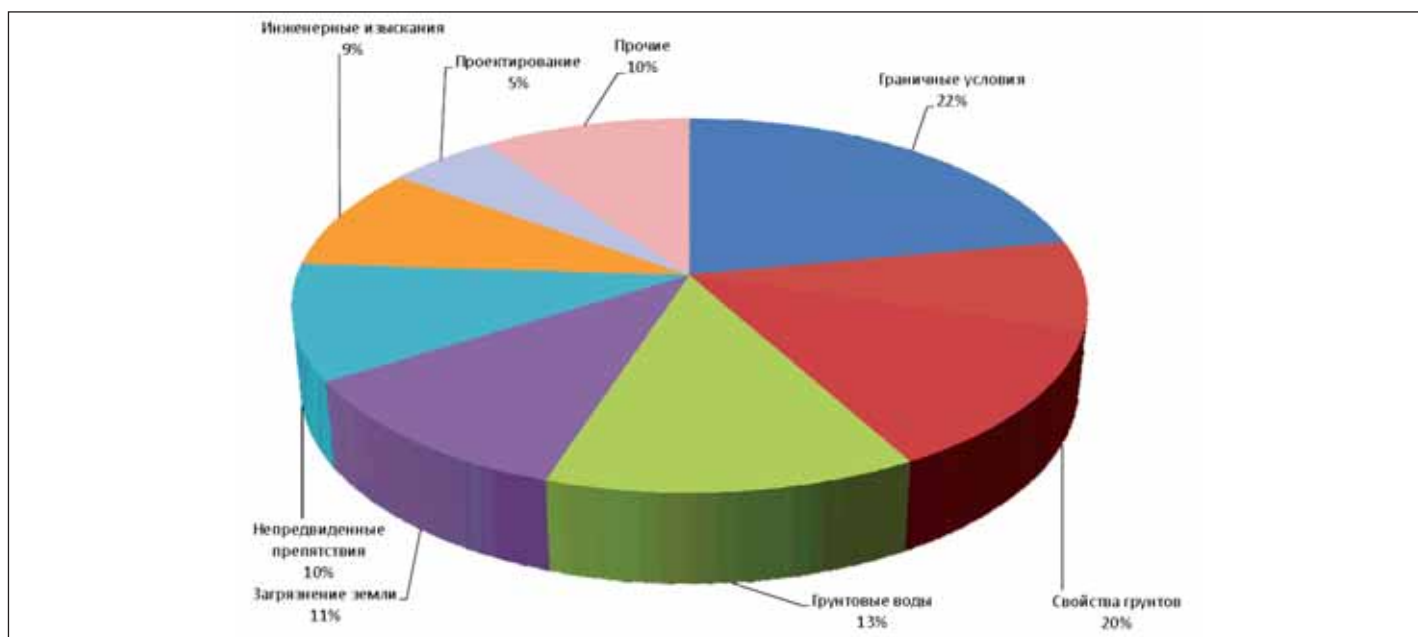


Рис. 4. Распределение геотехнических рисков

рисками необходимо использовать как на всех этапах проектирования, так и в процессе строительства сооружения, при обязательном участии квалифицированных инженеров-геологов, геомехаников и специалистов по строительству подземных сооружений.

Следует ещё раз отметить, что при решении практических задач использования подземного пространства управление геотехническими рисками, независимо от существования возможности избежать рискованных событий, постоянно требует их количественной оценки.

Для численного определения величины риска (степени риска) необходимо учитывать как вероятность наступления неблагоприятных событий, так и величину ожидаемых от их наступления нежелательных последствий (математическое ожидание ущерба).

Величину каждого риска рекомендуется определять в виде комбинации вероятности наступления неблагоприятного события и ожидаемого ущерба, нанесённого его наступлением.

Математически это выражается следующим образом:

$$R = P \times Y, \quad (1)$$

где P – вероятность наступления неблагоприятного события;

Y – математическое ожидание ущерба (нежелательного последствия), который повлечёт за собой наступившее неблагоприятное событие.

Сведение двух величин, характеризующих риск, в одну делает оценку риска более простой, поскольку позволяет учитывать одновременно две операции:

- определение вероятностей наступления неблагоприятных событий;
- определение нежелательных последствий, к которым могут привести эти неблагоприятные события.

Оценив числовое значение степени каждого геотехнического риска в процессе проектирования, можно подсчитать суммарную степень риска R , возможную в конкретных

$$R = \sum_{j=1}^{j=m} p_j \cdot y_j \quad (2)$$

условиях строительства и эксплуатации подземного сооружения, по формуле:

где p_j – вероятность проявления возможных рискововых ситуаций,

$j = 1, 2, 3, \dots, m$ – количество вариантов возможных рискововых ситуаций,

Y_j – величина математического ожидания ущерба в j -й рискововых ситуации.

Выводы

1. Принимая во внимание, что в подземном строительстве число рисков, как правило, велико, а вероятность их проявления очень высока, вопросам, связанным с управлением рисками при использовании подзем-

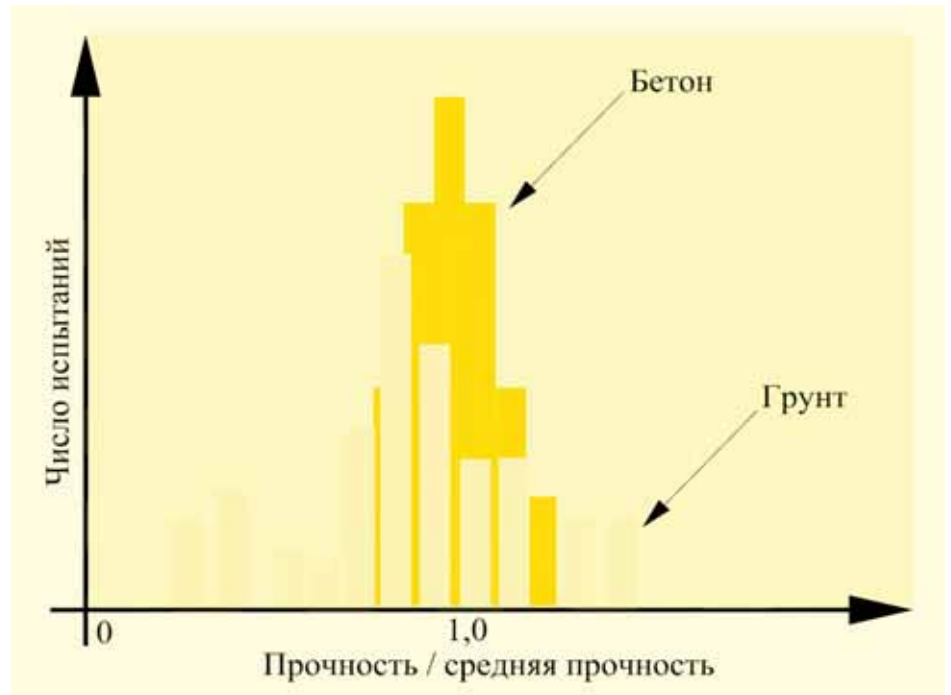


Рис. 5. Вероятность распределения прочности бетона и грунта

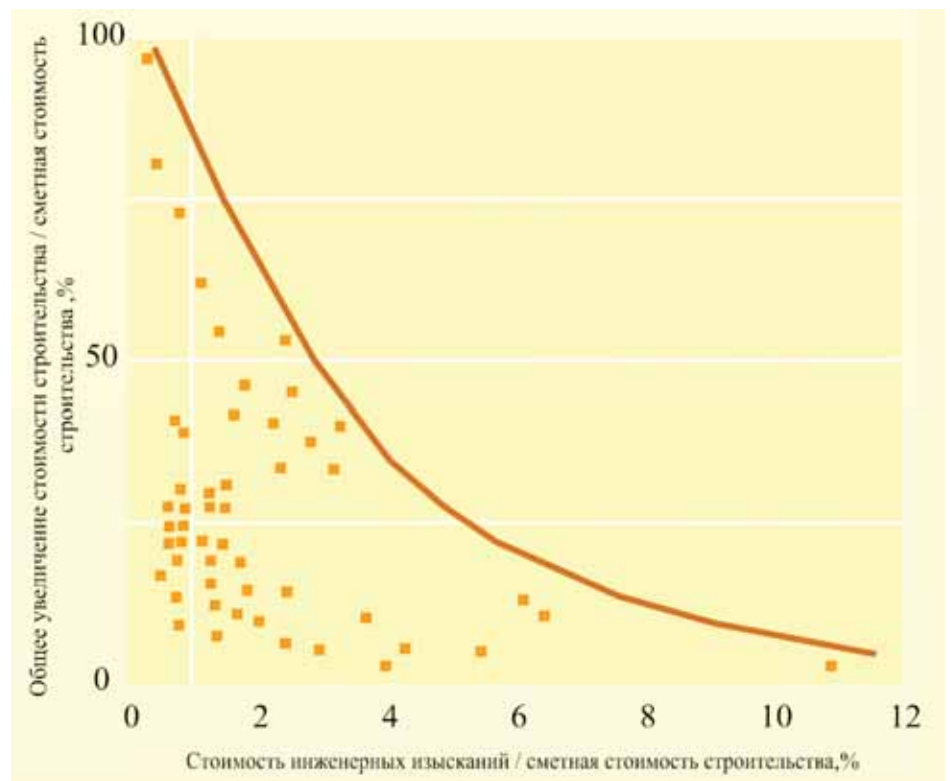


Рис. 6. Увеличение стоимости строительства в зависимости от расходов на инженерные изыскания

ного пространства, необходимо уделять особое внимание.

2. Учитывая специфические условия и то влияние, которое оказывает вмещающий породный массив на работу подземных сооружений, целесообразно при их возведении выделять в особую группу и количественно оценивать геотехнические риски, которые классифицируются как вид строительного риска.

3. Управление геотехническими рисками наиболее эффективно на ранних стадиях проектирования. Вместе с тем, с целью уменьшения ожидаемого ущерба систему уп-

равления геотехническими рисками необходимо использовать на всех этапах проектирования и строительства подземного сооружения, при обязательном участии квалифицированных инженеров-геологов, геомехаников и специалистов по строительству подземных сооружений.

4. Для уменьшения количества нештатных и аварийных ситуаций при строительстве и эксплуатации подземных сооружений необходимо создание нормативных документов, регулирующих управление рисками в подземном строительстве.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОЦЕНКИ НДС ПОРОДНЫХ МАССИВОВ ВПЕРЕДИ ЗАБОЯ СТРОЯЩИХСЯ ТОННЕЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БУРЕНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩИХ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

В. П. Абрамчук, начальник ФГУП «УС-30»

А. Ю. Педчик, первый зам. начальника ФГУП «УС-30»

В. В. Костенко, главный инженер, ФГУП «УС-30»

Ф. Г. Меденков, гл. специалист по ГИО, ФГУП «УС-30»

Знание характеристик напряженно-деформированного состояния горных пород в массиве (НДС) имеет большое значение для обеспечения безопасных условий строительства и эксплуатации подземных сооружений. Особая сложность в приобретении этих знаний наблюдается в тоннелестроении. Проходка тоннелей, как правило, осуществляется в сложных инженерно-геологических условиях гористого рельефа местности и, по этой причине, недостаточной изученности условий строительства в целом. В первую очередь это касается геомеханических условий, определяющих состояние устойчивости породных обнажений, параметры крепи сооружений и их эксплуатационную безопасность.

Основным способом решения данной проблемы является дополнительное изучение инженерно-геологических условий непосредственно в процессе работ. При строительстве тоннелей, которое ведется преимущественно одиночными забоями, возможности для этого крайне ограничены. Прежде всего, это касается методов оценки НДС, применяемых в научно-исследовательских целях. Единственная, по сути дела, возможность решения данной проблемы сопряжена с использованием опережающих разведочных скважин, бурение которых осуществляется, как правило, в целях уточнения геологического строения породных массивов по трассе строящегося тоннеля в отношении дислокации зон, свойства и состояние кото-

рых требуют индивидуального подхода к оценке и обеспечению состояния устойчивости крепи тоннеля на этих участках.

При этом, однако, возникает другая проблема, поскольку в условиях действующего строительства, т. е. продвигающегося забоя, информация, которая может быть получена в этом случае, попросту устаревает даже в оперативном плане, не говоря уже о возможности ее использования для корректировки каких-либо проектных и технологических решений.

Характерным примером в этом отношении является строительство Юкспорского (железнодорожного) тоннеля № 2, о котором уже упоминалось на страницах данного журнала (см. МТ № 5, 2012). Одной из особенностей этого строительства является

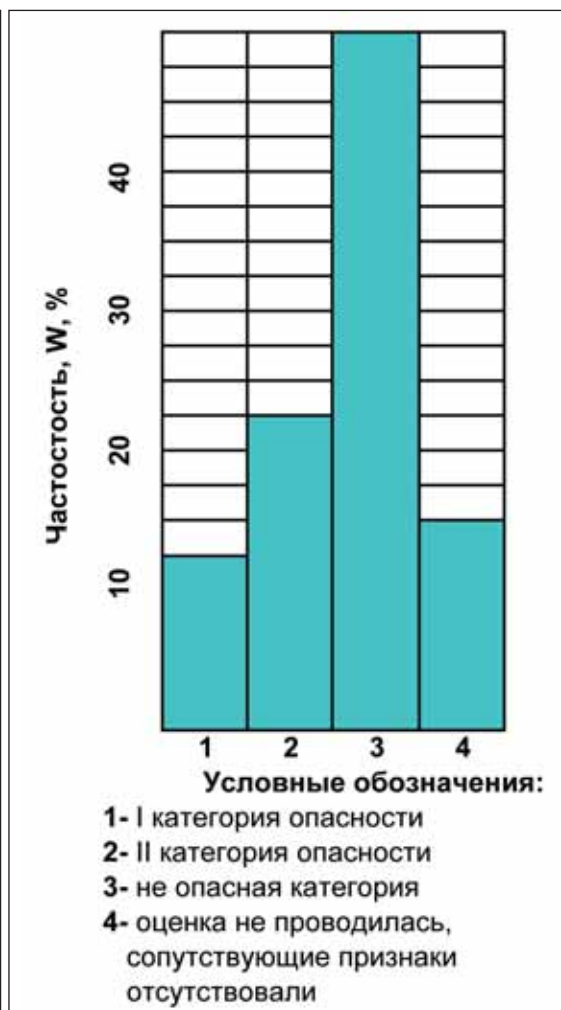
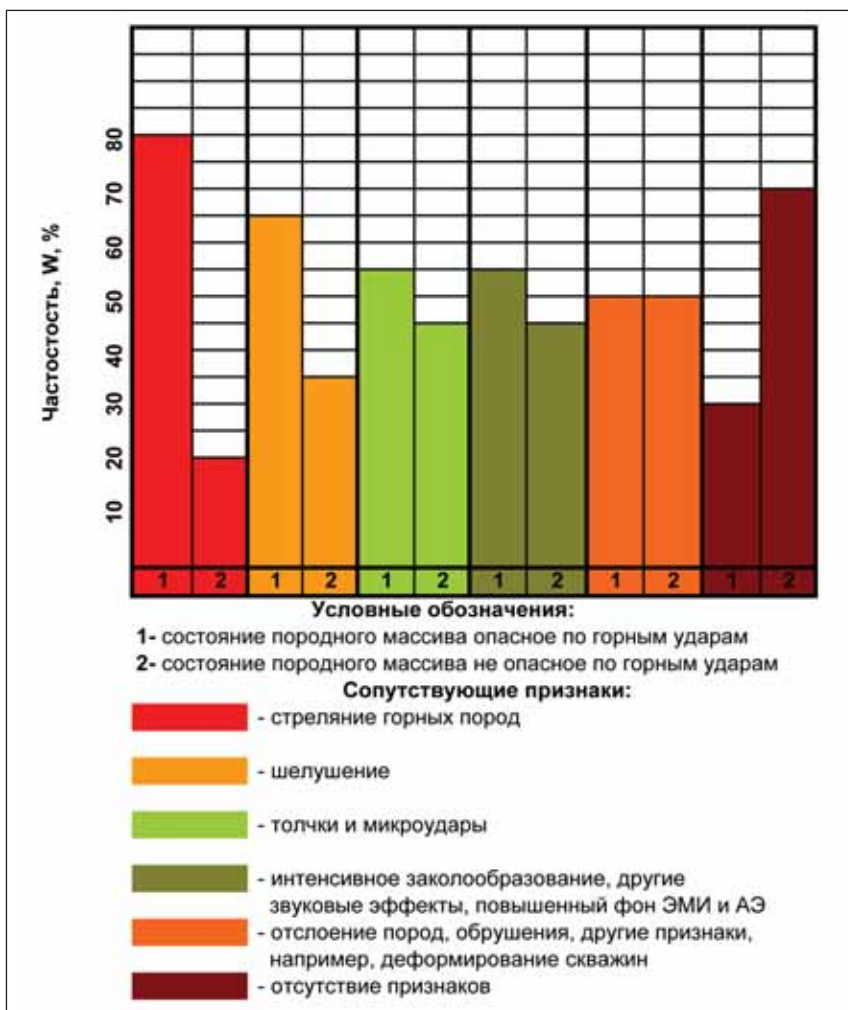


Рис. 1 и 2. Гистограммы распределения горных ударов

склонность породного массива к проявлению горного давления в выработках в форме горных ударов. Инженерно-геологические материалы, предоставленные заказчиком, хотя и указывали на данное обстоятельство, однако реальных рекомендаций для проектирования, а тем более ведения строительства, не содержали. Опыт, накопленный ОАО «Апатит» при ведении горных работ в подобных условиях, безусловно, был принят во внимание, однако, как показывает анализ проблемы, в том числе и по литературным источникам, он не отражает всего многообразия возникающих при этом горнотехнических ситуаций.

В основе отечественной практики решения данной проблемы лежит «Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам», выпущенная институтом ВНИМИ (Санкт-Петербург) и претерпевшая в 2003 г. третье издание. Отличительной чертой последнего варианта инструкции является деление НДС горных пород на два состояния – «опасное» и «не опасное» по горным ударам. Ранее «опасное» состояние делилось на две категории: I и II. Третья категория – «не опасная».

Трудно судить, чем руководствовались разработчики этой инструкции, а точнее ее третьего варианта, но реальность такова, что и III категория является не менее опасной, о чем свидетельствуют данные по горным ударам, приведенные в «Каталогах по горным ударам», также издательства ВНИМИ.

Этот вывод наглядно иллюстрируется гистограммами распределения горных ударов и сопутствующих им внешним признакам поведения обнажений горных пород по инструментально установленным категориям, приведенными на рис. 1 и 2. Не вдаваясь в детали анализа этой ситуации, отметим только, что, по всей видимости, в упомянутой выше инструкции не учтен важный физический принцип, согласно которому для наступления какого-либо события необходимо достижение «необходимых» и «достаточных» условий.

С этой точки зрения вполне допустимо считать, что при достижении НДС массива уровня «опасное» одновременно возникают «необходимые» и «достаточные» условия. То, что горные удары возможны и в случае установления III категории состояния, характеризующегося в данном случае как «необходимое», может быть объяснено, например, продолжающимся процессом ведения очистных работ, это может быть сопряжено с эффектом запаздывания в развитии деформационных процессов в массиве и т. д. Во всяком случае, до возникновения «достаточных» условий всегда существует тот или иной промежуток времени¹. Это наглядно иллюстрируется тем фактом что там, где позволяли технические возможности, очаг сей-



Рис. 3. Наиболее характерная форма делимости керна

смического события мог фиксироваться и за пределами участка непосредственного выброса породной массы.

Также, на наш взгляд, в упомянутой выше инструкции отражен лишь опыт изучения породных массивов, явно относящихся по своим характеристикам и поведению к категории хрупких, а если быть точнее – склонных к «жесткому» типу деформирования. В то время как минимум в половине случаев по своей распространенности горные породы обладают «мягким» типом деформирования, в которых формирование «необходимых» и «достаточных» условий может происходить в длительных интервалах времени и, что наиболее важно, без возникновения предупреждающих признаков.

Применительно к тоннелестроению на данное обстоятельство указывается, например, в работах норвежских специалистов (см. работу А. Palmstrom на сайте <http://geology.norconsult.no/papers/Engineering%20Geology/>).

Несмотря на имеющиеся проблемы, из данной инструкции следует, что наиболее достоверным методом категорирования НДС породных массивов является метод, основанный на явлении деления керна на диски. В свою очередь, процесс дискования керна является следствием проявления более фундаментальных свойств горных пород, т. е. их делимости как механизма проявления общих законов формирования и развития природных сред, свойственных природным системам в целом.

Наиболее распространенная форма делимости или выхода керна, встречающаяся на протяжении всей трассы тоннеля, представлена на рис. 3. Размеры получаемых таким образом столбиков или их количество на единицу длины керна, по аналогии с процессом его дискования, также могут быть ис-

пользованы для оценки параметров НДС массива впереди забоя тоннеля.

Бурение разведочных скважин при строительстве Юкспорского тоннеля, ориентированных параллельно его оси, осуществлялось с помощью бурового станка «Диамек-250» из специально оборудованных ниш в одной из стен тоннеля. Диаметр выбуриваемого керна – 38 мм. Длина выбуриваемого керна за рейс – 3 м. Протяженность скважин составила приблизительно 120 м с перекрытием в 15–20 м. Всего на настоящий момент времени пробурено 15 таких скважин или около 600 рейсов.

Следует отметить, что параметры бурения отличаются от рекомендованных «Инструкцией...», но это не имеет особого значения, поскольку главное в этом процессе – соблюдение некоторого набора стандартных условий, позволяющих осуществлять дальнейшие сопоставления.

На рис. 4 представлены обобщенные значения выхода керна за 3 м рейсы в зависимости от интенсивности естественной трещиноватости массива. Выход керна устанавливался по длине, который он занимал в ящиках метровой длины для укладки керна, в том числе и вследствие неплотной упаковки буровой мелочи. Именно этим обстоятельством объясняются значения выхода керна, превышающие 100 %, т. е. также имеются отличия от общепринятой практики. Тем не менее, мы считаем допустимым такой подход, поскольку это позволяет на единообразной, а главное, более оперативной основе учитывать и значения выхода буровой мелочи, также имеющей отношение к состоянию НДС породного массива. При этом следует иметь в виду, что количественные значения имеют существенно приближенный характер, поэтому более ценным для дальнейшего анализа является качественное поведение изучаемого признака.

¹ Считается, что если событие не наступило в течение полугодия после проведения выработки, то его возникновение в дальнейшем маловероятно.

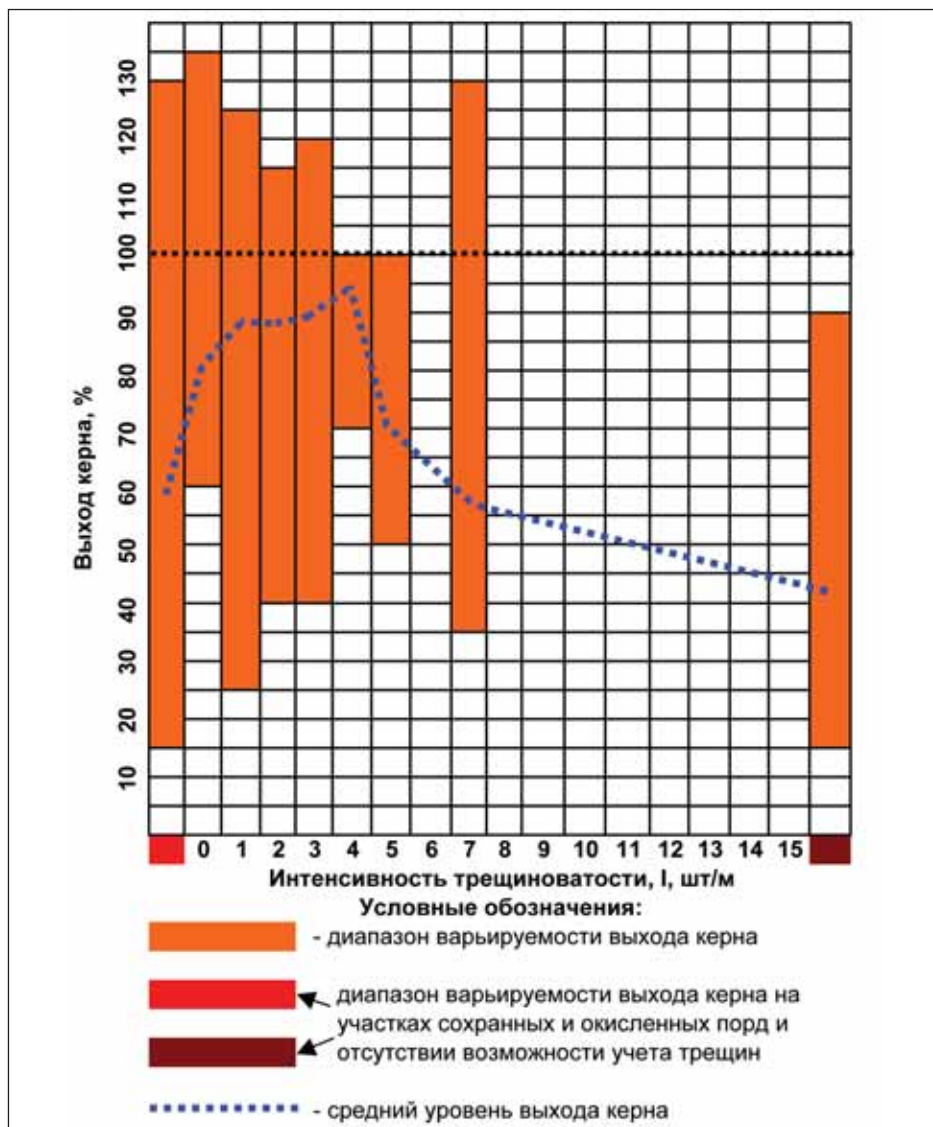


Рис. 4. Обобщенные параметры выхода керна

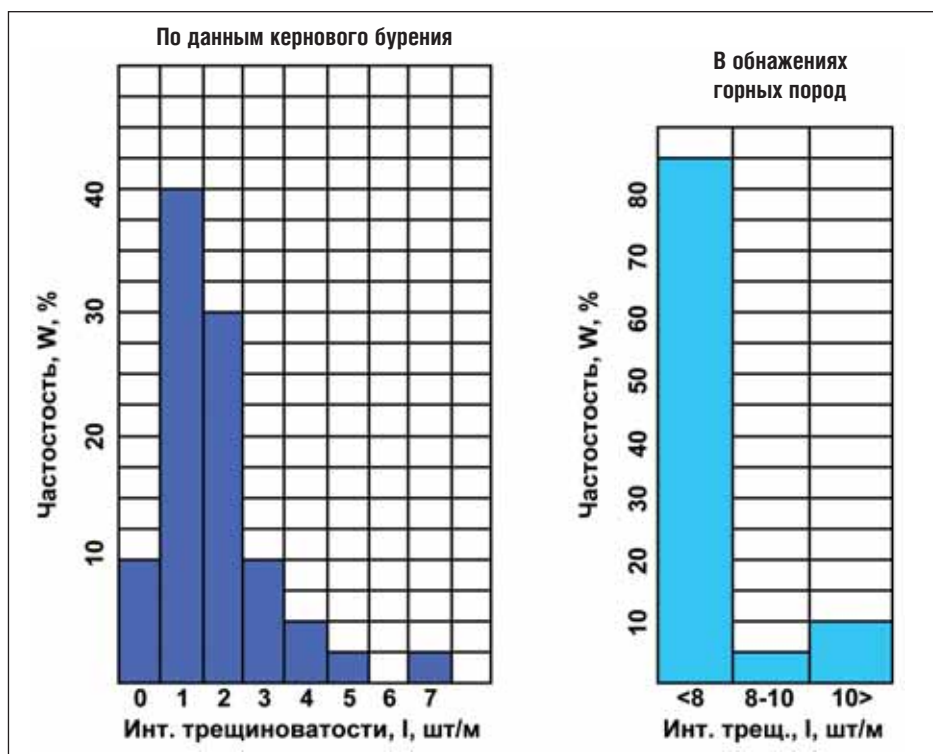


Рис. 5 и 6. Гистограммы распределения интенсивности естественной трещиноватости

В частности, отчетливо видно, что значениям естественной трещиноватости порядка 4–5 шт/м явно соответствуют характерные отличия в параметрах выхода керна, заключающиеся в большей его сохранности. За пределы варьирования диапазона интенсивности естественной трещиноватости вынесены результаты наблюдений, характеризующиеся отсутствием возможности для ее учета, вследствие повышенного уровня выхода керна в виде буровой мелочи. При этом эти результаты имеют характерное отличие. Если в области высоких значений интенсивности трещиноватости обломки керна имеют, в большинстве своем, окраску, свойственную зонам окисленных пород, так называемым зонам шпреуштейнизации, то в области малых значений интенсивности трещиноватости буровая мелочь имеет неизменный цвет, свойственный породам конкретной петрографической принадлежности. Существенно отличаются, при этом, и формы обломков породы. В первом случае, как правило, без отчетливо преобладания какой-либо из них, во втором – явно дискообразной формы.

Рассматриваемый в данном анализе диапазон варьирования интенсивности трещиноватости породных массивов соответствует принятому в упомянутой выше «Инструкции...», поскольку при ее значении выше 15 шт/м, как считается, опасные состояния НДС массивов по горным ударам не наступают. Если же рассматривать практику взрывного дела, то вообще можно ограничиться величиной в 9–10 шт/м, поскольку классификация горных пород по их трещиноватости, в соответствии с рекомендациями Межведомственной комиссии по взрывному делу, дальнейшего деления не предусматривает.

Данные по бурению разведочных скважин, полученные при строительстве Юс-порского тоннеля, полностью соответствуют этим представлениям. На рис. 5 и 6 приведены гистограммы распределения интенсивности естественной трещиноватости, полученные по результатам анализа кернового материала и ее изучения в породных обнажениях тоннеля. Причем, начиная со значений 6–8 шт/м в массиве наблюдаются начальные признаки процесса шпреуштейнизации пород, собственно зоны окисленных пород приурочены к участкам распространения трещин с интенсивностью от 10 шт/м и выше. По керну скважин значения интенсивности трещиноватости более 7 шт/м не наблюдались. В целом же, полученные результаты полностью идентичны выводам, сформулированным на основе многолетней практики геологического сопровождения разработки Хибинских апатитонэфелиновых месторождений.

Наиболее ценным параметром для оценки НДС горных пород в массиве, во всяком случае на данном этапе рассмотрения, является параметр «кусковатости» керна, т. е. количество столбиков на единицу длины. На рис. 7 представлен диапазон варьировемости этой

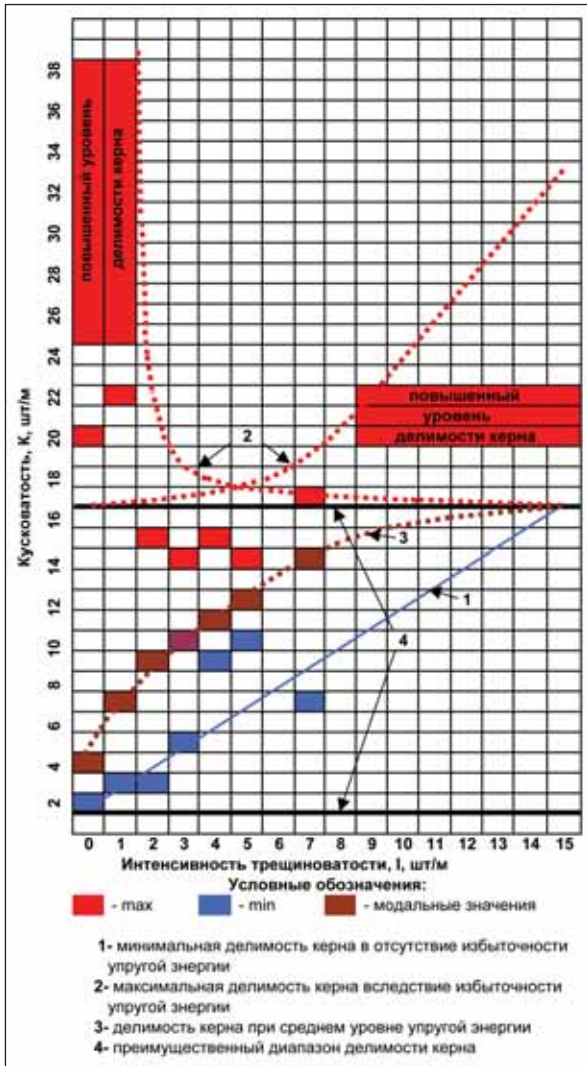


Рис. 7. Диапазон варьируемости «кусковатости» керна

характеристики в зависимости от интенсивности трещиноватости массива и ее модальные значения. Прежде всего, обращает на себя внимание диаметрально противоположная тенденция изменчивости верхней и нижней границ этого диапазона с уменьшением интенсивности трещиноватости. Поведение модального значения аналогично поведению нижней границы диапазона. С ростом интенсивности трещиноватости также наблюдается сужение диапазона варьируемости. Еще одна особенность (из рисунка, правда, этого не следует) состоит в том, что «кусковатость», даже при минимальной дискретности ее учета (2 шт/м), в пределах до 16 шт/м имеет непрерывный характер распределения, который затем нарушается.

Все эти перечисленные особенности однозначно указывают на доминирующее участие в формировании НДС породных массивов, а точнее его высоких параметров, одиночных трещин и трещиноватости в целом. Об этом мы уже не раз писали, обосновывая на других примерах ошибочность общепринятых представлений в отношении действия в верхних слоях земной коры, так называемых, тектонических сил, наличием которых современная геомеханика, некорректно заимствуя эти представления из тектонофизи-

ки и сейсмологии, объясняет факт высокого уровня напряженности горных пород.

Для большей наглядности на рис. 8 данные рис. 7 представлены в относительном виде, позволяющем преобразовать параметр «кусковатости» в относительный коэффициент избыточности упругой энергии, содержащейся в объеме породного массива, из которого выбурен керн. Коэффициент избыточности упругой энергии имеет простое физическое толкование: он определяет количество упругой энергии в единице объема по отношению к ее количеству, принятом за единицу, при котором деление керна возможно только по плоскости естественных трещин. В этом случае коэффициент «кусковатости» определяется как:

$$K_{min} = I + 1,$$

где I – интенсивность трещиноватости,

а коэффициент избыточности упругой энергии:

$$Q = K_i / I + 1,$$

где K_i – количество извлеченных кусков керна за рейс по отношению к его длине.

Такой подход позволяет абстрагироваться от реальной физики процесса делимости горных пород, которая представляется довольно разнообразной, например можно различать первичную и вто-

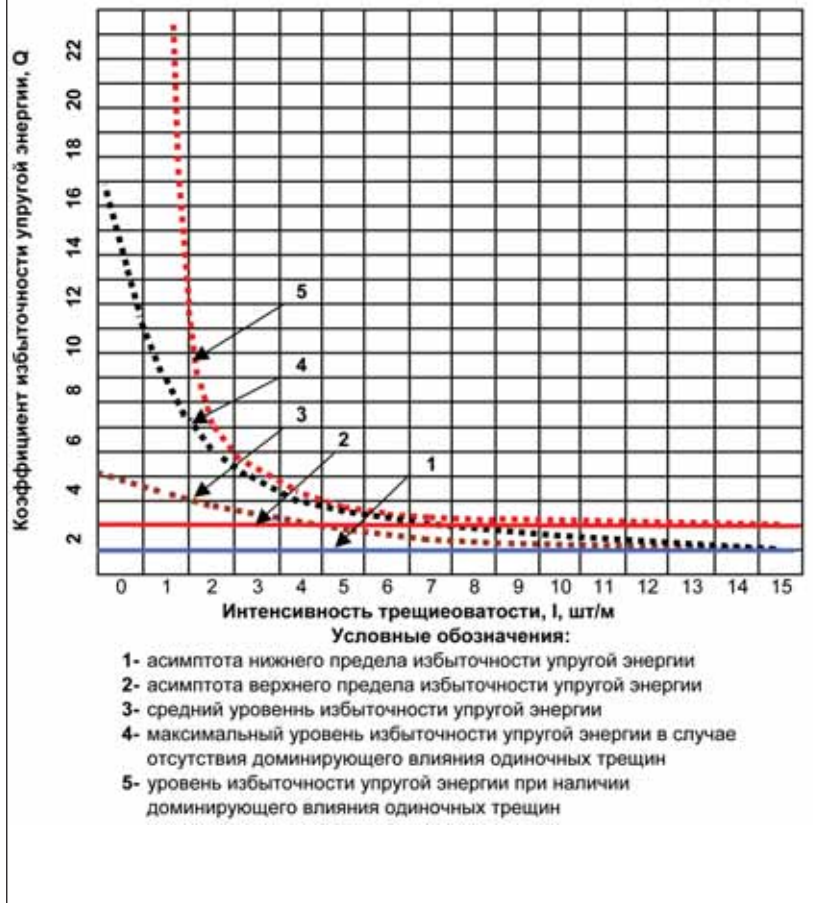


Рис. 8. Диапазон варьируемости упругого энергетического потенциала горных пород в относительном виде

ричную делимость и т. д. При этом, исходя из принципов содержательной логики, появляется возможность формировать достаточно точные количественные представления об энергетике этого процесса, а, следовательно, и о параметрах НДС породного массива в целом.

Рассмотренный в данной публикации подход к оценке НДС горных пород в условиях их естественного залегания требует, безусловно, дальнейшего изучения. Однако уже на этом этапе он может служить реальной основой для оценки, например, качества проходческих работ и изучения потенциальной возможности управляемости параметрами буровзрывного процесса в сложных инженерно-геологических условиях, и, прежде всего, в условиях высоконапряженных массивов.

Достаточным доказательством работоспособности рассматриваемого метода оценки НДС породных массивов, а также целесообразности его дальнейшей разработки, может служить, например, взаимосвязь между параметрами НДС массива, устанавливаемых по данному методу, и значениями переборов (недоборов) породного контура тоннеля вследствие ведения буровзрывных работ. Однако это предмет дальнейшего анализа.

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

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



Грунтовые анкера АТЛАНТ

Применение:

- крепление ограждений котлованов;
- крепление подпорных стен, оползневых склонов;
- устройство и усиление фундаментов анкерными сваями.

реклама

