

Журнал
Тоннельной ассоциации России

Председатель редакционной коллегии

С. Г. Елгаев, доктор техн. наук

Зам. председателя редакционной коллегии

В. М. Абрамсон, канд. экон. наук

И. Я. Дорман, доктор техн. наук

Ответственный секретарь

В. В. Внутских

Редакционная коллегия

В. П. Абрамчук

В. В. Адушкин, академик РАН

В. Н. Александров

М. Ю. Беленький

А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук

Н. Н. Бычков, доктор техн. наук

С. А. Жуков

А. М. Земельман

Б. А. Картозия, доктор техн. наук

Е. Н. Курбацкий, доктор техн. наук

С. В. Мазеин, доктор техн. наук

И. В. Маковский, канд. техн. наук

Ю. Н. Малышев, академик РАН

Н. Н. Мельников, академик РАН

В. Е. Меркин, доктор техн. наук

М. М. Рахимов, канд. техн. наук

Б. И. Федунец, доктор техн. наук

Т. В. Шелитько, доктор техн. наук

Е. В. Щекудов, канд. техн. наук

Ш. К. Эфендиев, председатель

ТА Азербайджана

Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172

факс: (495) 607-3276

www.rus-tar.ru

e-mail: info@rus-tar.ru

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71

127521, Москва,

ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,

оф. 4206

e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Компьютерный дизайн и вёрстка

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства

© ООО «Метро и тоннели», 2016

№ 5 2016

Панорама 2

Шахтное строительство

Анализ распределения осадки земной поверхности при использовании стволопроходческого комплекса в неоднородных гидрогеологических условиях

строительства метро 8

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

Особенности крепления стволов в сложных горно-геологических условиях

12

И. М. Паланкоев, А. А. Мишедченко

О тоннелях и тоннельщиках

Светлой памяти Юрия Павловича Рахманинова 15

В порядке обсуждения

Секционирование контактной сети метрополитена.

Неперекрываемые воздушные промежутки

контактного рельса, прощайте? 16

А. Д. Меркулова, А. Б. Куровский,

Б. Ю. Поляков, Е. Ф. Чумаков

ТПМК. Как исправить ошибку 18

В. З. Коган

Уникальный проект

Тоннельный переход между Северным

и Южным терминальными комплексами

в аэропорту Шереметьево 20

Р. А. Степанов, В. П. Полищук, П. В. Чеканов

Автодорожные тоннели

Методика устройства автодорожных тоннелей

мелкого заложения в сезонно промерзающих грунтах 26

О. В. Третьякова

Вопросы проектирования

Мероприятия промышленной безопасности

при проектировании строительства

Московского метрополитена 31

В. И. Дрёмов, С. В. Мазеин,

А. Д. Прудников, Д. В. Акутин

Тоннельная обделка

Современные материалы (добавки)

для производства бетона для блоков 39

И. В. Махлаев

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Проходка наклонного эскалаторного тоннеля станции «Петровско-Разумовская» в Москве (с. 31)

ЕСТЬ НАЧАЛО ТОННЕЛЯМ СЕВЕРО-ВОСТОКА ТРЕТЬЕГО ПЕРЕСАДОЧНОГО КОНТУРА!

25 августа 2016 г. состоялся очередной старт тоннелепроходческого щита диаметром 6,25 м под названием S-771 «Анастасия».

По традиции разбили бутылку шампанского о внешнюю оболочку щита, и подземный корабль начал свое плавание из котлована через закрепленную часть грунтового массива в естественную геологическую среду г. Москвы.

Это событие произошло на строительной площадке № 5.2 из стартового котлована южнее станции «Электрозаводская». Данный котлован уникален тем, что из него будут последовательно начинать проходку три щита диаметром 6,25 м по направлению к ст. «Лефортово» и один щит диаметром более 10 м для строительства двухпутного тоннеля по направлению к ст. «Электрозаводская». Котлован является сравнительно глубоким, при его строи-

тельстве наблюдались большие водопритоки из-за высокого уровня грунтовых вод и близости реки Яузы. Это обстоятельство создало определенные трудности и при старте щита из котлована через ниппельное кольцо.

ТПМК «Анастасия» был в рекордные сроки (от финиша до старта – всего два месяца!) переброшен на стройплощадку № 5.2 после завершения строительства тоннеля на участке Калининско-Солнцевской линии и подготовлен для новой проходки. На щите, в частности, была установлена инновационная система пеногенерации для улучшения строительно-технологических свойств разрабатываемого грунта.

Проходку с помощью ТПМК «Анастасия», где головной частью является щит с грунтопригрузом, начинает вести АО «Мосметрострой» силами своей организации ООО «Тоннель-2001».



Пожелаем им удачного завершения проходки этого первого тоннеля, входящего в состав северо-

восточного участка Третьего пересадочного контура (ТПК) Московского метрополитена!



АСUUS 2016 В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ: ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОЙ УРБАНИЗАЦИИ В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ОРГАНОВ ВЛАСТИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА

С 12 по 15 сентября 2016 г. в Санкт-Петербурге прошла 15-я Всемирная конференция Объединения исследовательских центров подземного пространства мегаполисов ACUUS. Мероприятие стало одним из важнейших событий в жизни мирового профессионального сообщества, а ее проведение в России позволило привлечь внимание власти и широкой общественности к проблемам развития городской подземной инфраструктуры.

Традиционно конференции ACUUS проводятся раз в два года в крупнейших мегаполисах мира. В Санкт-Петербурге мероприятие прошло впервые. Ключевой темой конференции стала «Подземная урбанизация как необходимое условие устойчивого развития городов».

Поддержку конференции оказали Министерство строительства Российской Федерации, правительство Санкт-Петербурга, Санкт-Петербургский научный центр РАН, крупнейшие российские профессиональные организации – Национальное объединение строителей и Национальное объединение изыскателей и проектировщиков.

За четыре дня в конференции приняли участие более 600 человек из 34 стран. Для участия в деловой программе из почти 200 работ были отобраны 117 докладов ведущих специалистов в области освоения подземного пространства. Более половины докладчиков приехали из-за рубежа, чтобы поделиться достижениями и ознакомиться с российским опытом в области освоения подземного пространства.

Обращение к участникам конференции направил Председатель Правительства Российской Федерации Дмитрий Медведев. В церемонии официального открытия ACUUS 2016 приняли участие губернатор Санкт-Петербурга Георгий Полтавчен-

ко и вице-губернатор города Игорь Албин.

Как отметил Георгий Полтавченко, выступая во время церемонии открытия, сегодня все крупные города из-за нехватки территории активно осваивают подземное пространство. Это позволяет сохранить уникальный облик исторических центров, найти эффективные способы решения транспортных и экологических проблем.

Он подчеркнул, что тема конференции ACUUS особенно актуальна и важна для Санкт-Петербурга – одного из самых красивых городов мира. Исторический центр северной столицы, охраняемый ЮНЕСКО, не имеет себе равных как по площади, так

и по количеству объектов культурного наследия.

«Наш город – не только история, застывшая в камне, но и живой организм, пятимиллионный мегаполис, он должен развиваться, работать, идти в ногу со временем, совершенствовать инфраструктуру, создавать комфортную городскую среду», – отметил Георгий Полтавченко.

Завершая свое выступление, губернатор Санкт-Петербурга подчеркнул, что реализация проектов подземного строительства требует тщательной проработки и анализа, нуждается в особом внимании со стороны государства и профессионального сообщества.



Более 600 участников из 34 стран



Губернатор Санкт-Петербурга Георгий Полтавченко

С докладом «Метрополитен как основа развития транспортной системы и комплексного освоения подземного пространства Санкт-Петербурга» в рамках пленарного заседания выступил вице-губернатор Санкт-Петербурга Игорь Албин.

Он отметил, что строительство метрополитена, как показывает мировая практика, позволяет не только эффективно решать транспортные и социальные проблемы мегаполисов, но и создает необходимые предпосылки для комплексного освоения подземного пространства.

Пересадочные узлы, пешеходные галереи, торгово-развлекательные центры и зоны отдыха постепенно переносятся под землю, обеспечивая повышение уровня комфорта и безопасности жизни людей. Таким образом, метрополитены, по сути, выполняют градообразующую функцию и оказывают огромное влияние на развитие современных мегаполисов.

В своем докладе президент ACUUS, профессор Национального университета Афин Димитрис Калиампакос сделал экскурс в развитие подземного пространства крупных городов мира. Сравнивая мегаполис с живым организмом, он подчеркнул, что его красота и здоровье во многом определяется развитием невидимой глазу системы подземных инженерных и транспортных коммуникаций, обеспечивающих его жизнедеятельность.

В рамках секционных заседаний состоялись дискуссии по семи ключевым направлениям, включающим вопросы градостроительного планирования, симбиоза наземной застройки и подземной инфраструктуры,



Президиум (слева направо): президент ACUUS Димитрис Калиампакос, председатель Оргкомитета ACUUS 2016 Сергей Алпатов, вице-губернатор Санкт-Петербурга Игорь Албин, генеральный директор ОАО «Метрострой» Вадим Александров, председатель Комитета по развитию транспортной инфраструктуры Сергей Харлашкин, генеральный менеджер ACUUS Жак Беснер

перспективы развития метрополитенов и комплексных пересадочных узлов. Эксперты обсудили преимущества подземного строительства с точки зрения обеспечения безопасности и защиты от природных катаклизмов, достижения в области инженерно-геологических изысканий, перспективы развития бестраншейных технологий прокладки инженерных коммуникаций. Конференция завершилась техническими экскурсиями на объекты подземного строительства: станции метро «Проспект Славы», «Новокрестовская», «Спортивная» и объекты Западного скоростного диаметра.

В результате проведения ACUUS 2016 стало очевидно, что развитие подземного пространства – это во многом вопрос не отсутствия технологий или финансирования, а вопрос

градостроительного планирования и поддержки государства. Одним из основных результатов проведения конференции в Санкт-Петербурге стало поручение вице-губернатора Санкт-Петербурга Игоря Албина подготовить и подписать соглашение о взаимодействии и сотрудничестве между Международной ассоциацией ACUUS и Комитетом по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга.

«Надеюсь, что проведение 15-й Всемирной конференции ACUUS в Санкт-Петербурге позволит всем участникам строительного процесса объективно оценить возможности комплексного освоения подземного пространства для формирования инновационной городской среды», – подчеркнул генеральный директор Объединения подземных строителей

и проектировщиков, член Совета директоров ACUUS Сергей Алпатов.

15-я Всемирная конференция ACUUS была проведена от имени Объединения исследовательских центров подземного пространства мегаполисов. Организатором конференции выступило НП Объединение подземных строителей, оператором – компания «ПРИМЭКСПО» в составе Группы компаний ИТЕ.

Спонсорами конференции ACUUS 2016 стали компании: ОАО «Метрострой», ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», ГК «ГЕОИЗОЛ», Национальное объединение изыскателей и проектировщиков (НОПРИЗ), ЗАО «Геострой», ООО «Центр диагностики строительных конструкций», PROMAT, ПЕНОПЛЭКС, НИП-Информатика, КБ Высотных и подземных сооружений, ГУП «Ленгипроинжпроект».





16 сентября 2016 г. известному педагогу и научному работнику, крупному специалисту в области транспортного тоннелестроения и освоения подземного пространства городов, доктору технических наук, профессору Дмитрию Михайловичу Голицынскому исполнилось 85 лет.

Трудовая биография Дмитрия Михайловича связана с любимым делом, которому он посвятил всю свою жизнь, пройдя многие ступеньки карьерного роста от рядового инженера до крупного ученого, заведующего ка-

федрой тоннелей и метрополитенов Петербургского государственного университета путей сообщения.

На протяжении многих лет юбиляр является одним из ведущих ученых страны в области транспортного тоннелестроения и подземного строительства. Под его руководством выполнены крупные исследования, связанные с теорией и практикой освоения подземного пространства и разработкой новых конструктивно-технологических решений при строительстве тоннелей и метрополитенов. Первые в нашей стране исследования по применению эффективных конструкций тоннельных обделок из набрызг-бетона были проведены в 1974–1980 гг. на Ленинградском метрострое под непосредственным руководством Д. М. Голицынского.

Докторская диссертация Дмитрия Михайловича заложила научные основы проектирования набрызг-бетонных обделок транспортных

тоннелей в слабых грунтах. Основные положения этой работы были включены в нормативные документы и справочную техническую литературу. Результаты диссертации внедрены при строительстве подземных выработок на Ленметрострое, Киевметрострое, Меградзорского железнодорожного тоннеля Армении, Байкальского железнодорожного тоннеля на БАМе, транспортных тоннелей на Хантайской, Виллойской и Колымской ГЭС, а также при строительстве Гимринского автодорожного тоннеля в Дагестане.

Д. М. Голицынский возглавлял городскую комиссию по рассмотрению технических предложений по восстановлению движения на участке Санкт-Петербургского метрополитена между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества», несколько лет был членом экспертного совета ВАК РФ по строительству, по сей день является членом Комитета по освоению подземного пространства Национального объединения строителей.

Дмитрий Михайлович – автор более 170 научных трудов, монографий и 15 авторских свидетельств на изобретения, под его руководством защищено 7 кандидатских диссертаций.

Способность юбиляра полностью отдавать всего себя любимому делу, умение ладить с людьми, решать многочисленные проблемы, чутко улавливать перемены, воспринимать новое и претворять его в жизнь снискали заслуженное уважение коллег и признание общества и государства.

За большой вклад в подготовку специалистов-тоннельщиков и успешное внедрение новых технологий в тоннелестроение Д. М. Голицынский награжден бронзовой медалью ВДНХ, Почетной грамотой ВАК России, почетными знаками «Почетный транспортный строитель», «Почетный железнодорожник», а также ему присвоено звание «Заслуженный строитель Российской Федерации».

Дорогой Дмитрий Михайлович! Президиум правления Тоннельной ассоциации России и коллектив кафедры тоннелей и метрополитенов Петербургского государственного университета путей сообщения поздравляют Вас с 85-летним юбилеем! Желаем Вам здоровья и долгих лет активной научной и преподавательской жизни, счастья и благополучия.



Генеральному директору АО «Трансинжстрой» Сергею Михайловичу Ломоносову исполнилось 50 лет.

Сергей Михайлович родился 22 августа 1966 г. в Москве. В 1988 г. окончил Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени институт инженеров железнодорожного транспорта по специальности «Мосты и тоннели». Он прошел также обучение в Государственной академии народного хозяйства при Правительстве РФ и в 2008 г. получил диплом по специальности «Экономика и управление

предприятием (Современный руководитель)».

За тридцать лет трудового стажа в АО «Трансинжстрой» Сергей Михайлович прошел путь от начальника участка до генерального директора, став авторитетным высококвалифицированным специалистом в области строительства, о чем свидетельствуют присвоение ему почетного звания «Заслуженный строитель Российской Федерации» и правительственные награды.

При непосредственном участии Сергея Михайловича построены и сданы в эксплуатацию многие объекты Московского метрополитена, в их числе десятки километров перегонных тоннелей и станции «Парк

Победы», «Славянский бульвар», «Кунцевская» Арбатско-Покровской линии, «Зябликово», «Борисово», «Шипиловская» Люблинско-Дмитровской линии, станция «Новокосино» Калининской линии. Построены также уникальные объекты специального назначения, спортивно-оздоровительный комплекс и множество объектов социальной инфраструктуры организации.

Инженерные и организаторские способности Сергея Михайловича особенно ярко проявились в пусковой период сооружения станции «Парк Победы», когда по его предложению для размещения технологического оборудования метрополитена были использованы ранее построенные вспомогательные выработки, что позволило существенно сократить сроки и стоимость выполнения работ.

Его способность принимать профессиональные решения, держать под контролем производственные процессы и оперативно реагировать на любые отклонения от плана производства работ всегда приводила и приводит компанию к успешному выполнению поставленных задач, а умение налаживать деловые контакты со всеми участниками строительного процесса – заказчиками, застройщиками, проектировщиками, соисполнителями работ – неизменно обеспечивает АО «Трансинжстрой» успех на рынке строительных услуг в Москве. Именно эти качества Сергея Михайловича особенно ярко проявились при заключении возглавляемой им организацией контракта на строительство Калининско-Солнцевской линии, сдача участка которой от станции «Парк Победы» до станции «Раменки» намечена уже на конец 2016 года.

Уважаемый Сергей Михайлович! От всей души поздравляем Вас со славным юбилеем! Мы знаем Вас как отличного руководителя и высококвалифицированного специалиста, пользующегося большим авторитетом среди коллег, партнеров и уважением в сфере метро- и тоннелестроения. Желаем Вам крепкого здоровья, долгих лет плодотворной деятельности, реализации всех планов и прекрасного настроения. Счастья и всяческого благополучия Вашим родным и близким!



Председателю Азербайджанской тоннельной ассоциации Шаигу Керимовичу Эфендиеву исполнилось 80 лет.

Уважаемый Шаиг Керимович!

Тоннельная ассоциация России поздравляет Вас со знаменательным юбилеем – 80-летием со дня рождения!

Тоннельную ассоциацию России и Азербайджанскую тоннельную ассоциацию, которую Вы возглавляете, роднят давние и прочные связи, сложившиеся в годы, когда все мы вместе жили в одной стране и трудились в одном строю над развитием ее транспортной инфраструк-

туры, созданием самого удобного и безопасного вида городского транспорта – метрополитена. Мы все учились друг у друга, приходили на помощь друг другу в трудные минуты и, к счастью, сумели сохранить дружбу и чувства уважения, взаимопонимания и взаимопомощи в современном беспокойном мире. Во всем этом и Ваша большая заслуга, дорогой Шаиг Керимович.

Нам приятно отметить, что более 50-ти лет своей трудовой жизни Вы посвятили работе в Азербайджанском тоннельном строении, ведущей в Азербайджане организации, выполнявшей работы по сооружению транспортных тоннелей, других подземных сооружений и по строительству метрополитенов. В этой организации Вы прошли все ступени роста от начальника смены тоннельного отряда до руководителя этого мощного строительного управления, и являетесь одним из ведущих специалистов подземного строительства в Азербайджане и странах СНГ. Специалисты с Вашим опытом работы по освоению подземного пространства высоко ценятся

во всем мире, о чем свидетельствует тот факт, что в 80-е годы прошлого века Вам было доверено возглавлять группу советских специалистов, выполняющих строительство ряда объектов в Республике Куба.

Многие объекты, которые построены Вами и под Вашим руководством, уникальны и безотказно служат людям. Красивейшие станции и перегонные тоннели Бакинского метрополитена, тоннели на Азербайджанской железной дороге, тоннели системы орошения в Начихеване, подземная обсерватория Института ядерных исследований Академии наук СССР, крупное винохранилище в г. Шемахе и многие другие подземные объекты – это плоды Вашего труда, Вашего профессионального инженерного опыта и опыта крупного руководителя строительного производства.

Примечательно, что неугасимая энергия в производственной деятельности у Вас, Шаиг Керимович, всегда органично сочеталась с потребностью в активном развитии общественной деятельности, направленной на укрепление всесторонних связей между всеми членами сообщества тоннелестроителей. Вас хорошо знают и всемерно уважают тоннелестроители России и стран СНГ, Вы являетесь инициатором создания и бессменным руководителем Азербайджанской тоннельной ассоциации. Все это активно способствует обмену передовым производственным опытом и опытом подготовки специалистов подземного строительства в наших странах.

Дорогой Шаиг Керимович, Тоннельная ассоциация России в день Вашего Юбилея желает Вам крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и бодрости, многих лет активной жизни, наполненной яркими событиями и любовью близких Вам людей.

Председатель правления Тоннельной ассоциации России

С. Г. Елгаев

Уважаемый Шаиг Керимович!

От имени АО «Мосметрострой» и от меня лично примите поздравления с юбилеем! Ваша трудовая жизнь многие годы неразрывно связана со строительством подземных сооружений. Вы внесли и продолжаете вносить большой вклад в развитие Бакин-

ского метрополитена. Отрадно видеть, что среди Ваших приоритетов – сотрудничество между Россией и Азербайджаном в области метростроения.

Желаем Вам крепкого здоровья, благополучия и надежных коллег!

Генеральный директор АО «Мосметрострой»

С. А. Жуков

Уважаемый Шаиг Керимович!

В День Вашего рождения коллектив компании «ИБТ» сердечно поздравляет Вас с 80-летием.

Вся Ваша трудовая жизнь посвящена работе. На протяжении долгих лет Вы плодотворно трудились на благо жителей города Баку.

Ваш многолетний опыт, Ваше внимательное отношение к людям, чуткость и отзывчивость, требовательность и принципиальность сыскали заслуженное уважение и авторитет.

Чувство ответственности за порученное дело в соответствии с профессиональными качествами позволяют Вам держать высокую планку руководителя. Ваш жизненный оптимизм и целеустремленность заряжают энергией всех, кто находится рядом с Вами.

В этот день от всей души желаем крепкого здоровья, дальнейших успехов в работе, благополучия, счастья Вам и Вашим близким.

Председатель совета директоров ООО «ИБТ»

В. В. Петрук

Уважаемый Шаиг Керимович!

Сердечно поздравляем Вас со знаменательным событием – 80-летним юбилеем!

Всю свою жизнь Вы посвятили благородному, созидательному делу – строительству метрополитена, тоннелей и других подземных сооружений. Мы знаем Вас как высококвалифицированного специалиста, способного организатора, человека, преданного избранному жизненному пути. На протяжении четверти века Вы успешно возглавляли коллектив Азербайджанского тоннельметростроя, который внес достойный вклад в строительство метрополитена в г. Баку, а также различных подземных объектов не только в Республике Азербайджан, но и за ее пределами.

Вас, дорогой Шаиг Керимович, отличают такие высокие качества как

настойчивость в достижении поставленных целей, стремление к усовершенствованию выполняемых работ, к максимальной оснащенности строительства новой современной высокопроизводительной техникой и оборудованием.

Мы высоко ценим те деловые, творческие отношения, которые при Вашем участии сложились между ОАО «Минскметрострой» и Азтоннельметростроем по вопросам разработки проектной документации для Бакинского метрополитена.

В этот знаменательный день мы хотим пожелать Вам крепкого здоровья, творческого долголетия, новых успехов в решении производственных задач ЗАО «Бакинский метрополитен» на новом поприще – в Тоннельной ассоциации Азербайджана.

Коллектив ОАО «Минскметрострой»



3 декабря 1946 г. считается официальной датой основания Санкт-Петербургского института по проектированию тоннелей и метрополитенов ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» (до 1977 г. – «Ленметропроект», филиал московского института «Метропроект»). Институт с первых лет своего существования активно включился в колоссальную по своим масштабам работу по восстановлению страны от разрухи, принесенной прошедшей войной, и возрождению нормальной жизни в одном из красивейших в мире городов – Ленинграде.

Развитие транспортной инфраструктуры города, создание в нем разветвленной сети современного метрополитена стало приоритетной задачей, поставленной перед специалистами института. И с этой задачей институт справился успешно – уже в 1955 г. в городе была пущена в эксплуатацию первая линия Ленинградского метрополитена. Тот факт, что в настоящее время в Санкт-Петербурге действует пять линий ме-

трополитена с 67-ю красивейшими и удобными для пассажиров станциями и эксплуатационной длиной тоннелей более 110 км, свидетельствует об огромной и самоотверженной работе всех сотрудников института «Ленметрогипротранс», являющегося генеральным проектировщиком этого сложного инженерного сооружения.

Другим важным направлением деятельности института является проектирование транспортных тоннелей. Получив первый успешный опыт проектирования тоннелей на железнодорожной магистрали Абакан – Тайшет, институт в настоящее время является ведущей в стране организацией по проектированию железнодорожных и автодорожных тоннелей, в том числе в городских условиях. Институту есть, чем гордиться – Рокский тоннель под Главным Кавказским хребтом, автодорожные тоннели в Санкт-Петербурге, тоннели на Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, автодорожные и железнодорожные тоннели, проложенные в районе г. Сочи к зимним Олимпийским играм 2014 г., железнодорожные тоннели в Сирийской Арабской Республике – всё это служит сокращению расстояний между людьми и является плодом труда многих поколений специалистов института самого различного профиля.

В дни, когда Санкт-Петербург и вся наша страна отмечают 70-летие со дня основания ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» – ведущего в России института по проектированию тоннелей и метрополитенов, Тоннельная ассоциация России направляет всему коллективу института свои поздравления с этой знаменательной датой!

Коллективу
ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

Уважаемые коллеги!

Тоннельная ассоциация России поздравляет коллектив института «Ленметрогипротранс» с 70-летием со дня основания организации. Вся страна может гордиться теми транспортными сооружениями, которые являются плодом вашей инженерной мысли.

Метрополитен Санкт-Петербурга является украшением города и надежно служит жителям и многочисленным туристам Северной столицы нашей страны. Автодорожные, железнодорожные и городские тоннели, построенные по вашим проектам, обеспечивают доступ в самые отдаленные районы нашей необъятной страны.

Оригинальные в инженерном и архитектурном отношении проекты транспортных объектов, отвечающих самым высоким требованиям безопасности, как при строительстве, так и при эксплуатации, являются визитной карточкой вашего института.

В день 70-летия института желаем всему вашему дружному коллективу дальнейших успехов в вашей благородной творческой работе, реализации всех намеченных планов, и, конечно, крепкого здоровья и большого личного счастья.

Правление Тоннельной ассоциации России

Генеральному директору
АО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»
В. А. Маслаку
Коллективу института

Уважаемый Владимир Александрович! Дорогие коллеги и друзья!

От имени ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» и от себя лично поздравляем Вас и весь славный коллектив НИПИИ «Ленметрогипротранс» со знаменательной датой – 70-летием со дня основания института!

На протяжении всех этих лет основная деятельность вашего института была, прежде всего, связана со строительством метрополитена нашей северной столицы – уникального объекта подземной городской транспортной инфраструктуры, занимающего особое место в отечественном метростроении не только по исключительной сложности инженерно-геологических условий сооружения, но и по выдающимся техническим решениям, принятым для реализации проекта.

Важный, практически определяющий, след специалисты института оставили при проектировании объектов метро в городах Москве, Новосибирске, Казани, Самаре, Красноярске и Челябинске.

Особый вклад специалисты института внесли в проекты строительства железнодорожных тоннелей БАМа, автодорожных и железнодо-

рожных тоннелей в Сочи на транспортных объектах, подготовленных к зимней Олимпиаде 2014 года.

В последние годы институт стал и авторитетным научным центром – инициатором разработки и внедрения новых технологий и прогрессивных технических решений в области подземного строительства объектов различного назначения.

Желаем юбилярам успешного продолжения многолетних традиций на основе использования как накопленного богатейшего опыта проектирования, тяге и реализации новых научных разработок в целях дальнейшего развития нашей отрасли метро и тоннелестроения!

Желаем новых успехов и проектов, счастья и здоровья вам и вашим семьям!

Надеемся на продолжение нашего многолетнего плодотворного сотрудничества.

**Генеральный директор ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»
Научный руководитель**

**М. Г. Зерцалов
В. Е. Меркин**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА-ФОРУМ**

ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ.

Место проведения: Москва
КВЦ «Сокольники», павильон 7А

**22–24 НОЯБРЯ
2016**

В РАМКАХ ФОРУМА СОСТОИТСЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ**

23 НОЯБРЯ

Организаторы выставки

Информационные партнёры



МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ



info@fc-union.com, www.fc-union.com
тел. +7 (495) 66-55-014, сот. +7 916 36-857-36

www.rus-tar.ru
тел. +7 (499) 261-27-40, сот. +7 903 132-66-72

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДКИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТВОЛОПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В НЕОДНОРОДНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕТРО

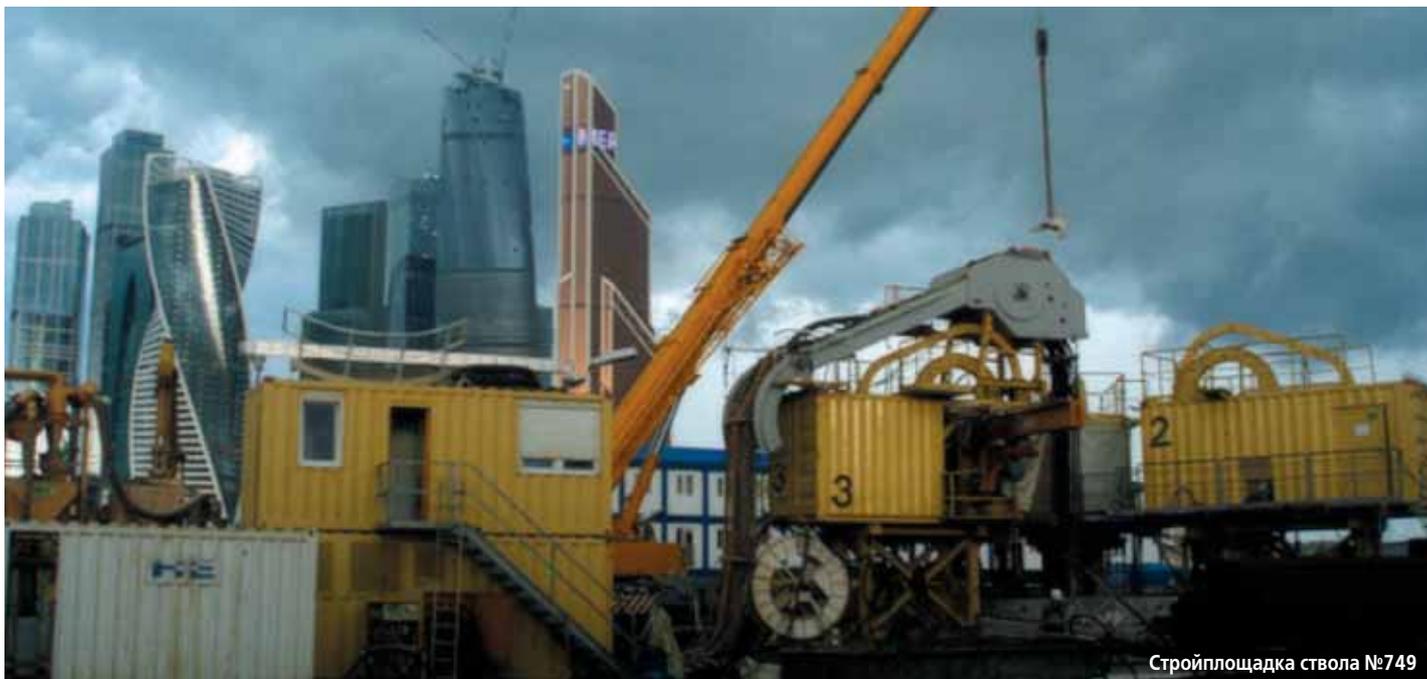
THE ANALYSIS OF DISTRIBUTION OF SETTLEMENT OF THE EARTH'S SURFACE DURING APPLICATION OF VERTICAL SHAFT SINKING MACHINE FOR METRO CONSTRUCTION IN A HETEROGENEOUS HYDRO-GEOLOGICAL CONDITION

Т. А. Мазаник, АО «Метрогипротранс»

М. А. Потапов, АО «Трансинжстрой»

Е. В. Потапова, АО «Трансинжстрой»

T. A. Mazanik, M. A. Potapov, E. V. Potapova



Стройплощадка ствола №749

В статье представлен анализ причин, вызывающих деформацию поверхности, на примере проходки ствола № 749 Калининско–Солнцевской линии Московского метрополитена. Описаны характер формирования и формы мульды оседания земной поверхности. Приведены зависимости распределения осадок от технологических факторов. Даны рекомендации по минимизации деформаций при проходке.

The article presents the analysis of reasons causing surface deformation on the example of sinking of shaft No. 749 of the Kalininsko–Solntsevskaya line of the Moscow metro. Described the nature of the formation and shape of the settlement mould of the earth's surface. Given the dependence of the distribution of settlement from technological factors. Gived the recommendations to minimize the deformations of the sinking.

Введение

Центральный участок проектируемой Калининско-Солнцевской линии, соединяющий ст. «Деловой центр» и ст. «Третьяковская», предусматривает строительство трех станций глубокого заложения: «Волхонка»,

«Плущиха» и «Дорогомиловская» («Кутузовский проспект»).

Строительство участка ведется в центральной части города Москвы, на особенно плотно застроенной территории. В зону влияния строительства попадает большое количество

сооружений, имеющих историческую и архитектурную ценность.

Трасса будет дважды проходить под руслом реки Москвы. Гидрогеологические условия можно характеризовать как неоднородные, с наличием нескольких водоносных го-

ризонтов, распределенных по глубине заложения подземных сооружений.

Сооружение участка линии ведётся закрытым способом, что потребовало проходки вертикальных стволов глубиной более 70 м в непосредственной близости от зданий и сооружений. Проходка велась с применением механизированного стволопроходческого комплекса VSM 7800/5600 фирмы «Херренкнехт-АГ».

Сооружение шахтных стволов стволопроходческим комплексом в существующих неоднородных гидрогеологических условиях строительства на участке Московского метрополитена от ст. «Третьяковская» до ст. «Деловой центр» требует объективного анализа накопленного опыта, чтобы определить дальнейшие перспективы использования данной технологии.

Опыт работы стволопроходческого комплекса на строящемся участке

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

Стволы сооружались стволопроходческим комплексом немецкого производства VSM 7800/5600. Эта механизированная технология проходки стволов предусматривает метод опускной крепи (сборной железобетонной обделки с шириной кольца 1 м) в тиксотропной «рубашке» при безлюдной выемке породы фрезой под действием гидравлического пригруза и с помощью гидротранспорта грунта по трубам [1].

Опыт работы стволопроходческого комплекса на стволе № 748 центрального участка проектируемой Калининско-Солнцевской линии был подробно описан ранее на страницах этого журнала [2, 3], в частности, для минимизации осадки земной поверхности вокруг устья ствола были даны соответствующие рекомендации.

Анализ проходки ствола № 749

Строительством вентиляционного ствола № 749 диаметром 6,3 м и глубиной 71,5 м был учтен следующий опыт проходки ствола № 748 [3].

1. Проектом предусмотрено заглубление свай ростверка длиной 22 м в глину и известняк.

2. Строительная организация изменила конструкцию уплотнения (воротника) между ножевым кольцом и породным обнажением в стенке ствола: его предусмотрели шире и в виде раскрывающего «цветка» из клиньев для входа в карст при расширении зазора «грунт-обделка» во избежание утечки бентонита.

3. Повышена вязкость бентонита за счет добавления опилок и химических реагентов, частично использовали французский бентонит с более выраженными тиксотропными свойствами.

4. Разработан комплекс организационных мероприятий в случае возникновения трудностей при входе в пласты известняка.

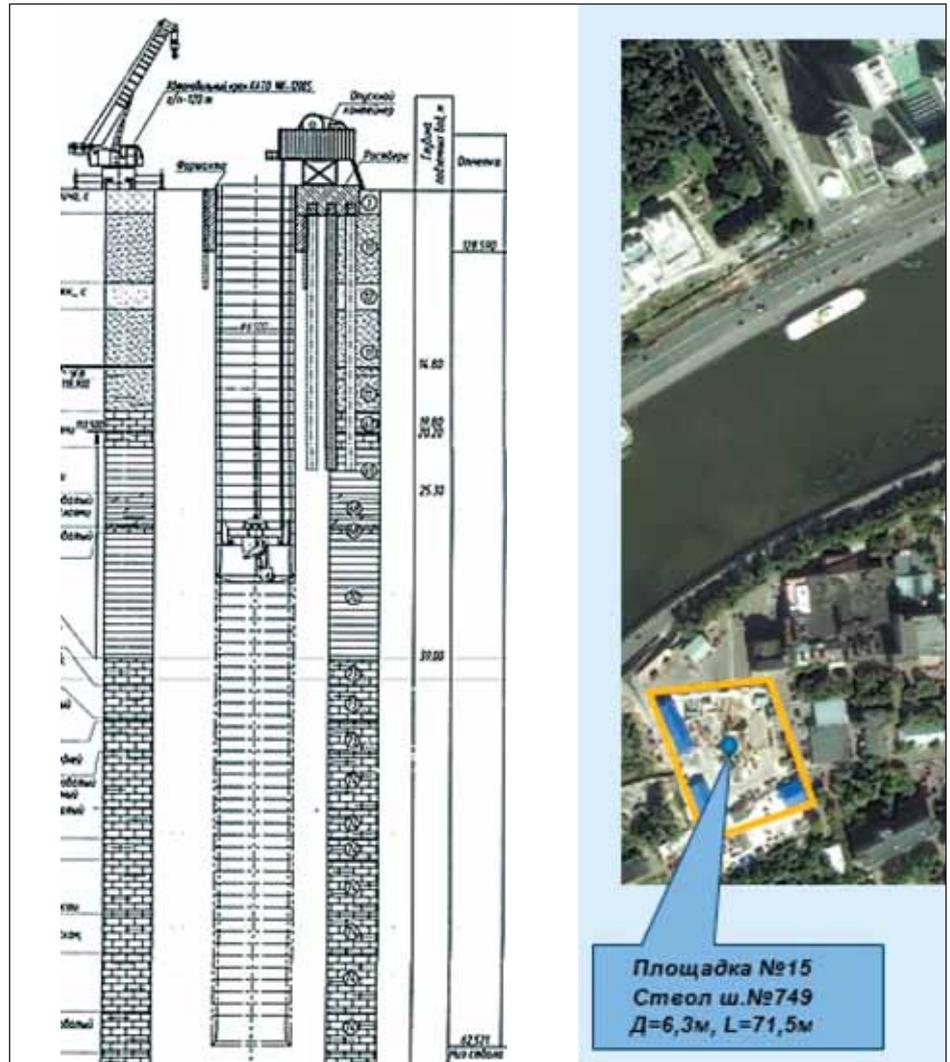


Рис. 1. Гидрогеологическое строение в районе ствола № 749

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия строительства ствола № 749 осложнены высоким напором пьезометрических уровней подземных вод и сильной степенью трещиноватости в разных направлениях водоносных известняков (рис. 1). Глубины уровней подземных вод: УГВ 15 м, 1-го водоносного горизонта 20 м, 2-го горизонта 35 м. Глубины нижних границ: 1-го водоупора ≈ 23 м, 2-го водоупора > 37 м.

Фактические показатели проходки ствола № 749 приведены на рис. 2. Среднесуточная производительность проходки ствола № 749 составила 1,14 п. м в сутки. Наибольшая задержка скорости проходки наблюдалась при сооружении кольца № 20 (цикл № 20) и несколько меньшая остановка – при сооружении кольца № 43 (цикл № 43).

Наблюдались резкие повышения объема нагнетания бентонита при сооружении колец № 19–23 (в большей степени) и № 42–45 (в меньшей степени). Таким образом, на этих интервалах технологической проходки показатели реагировали на резкую смену гидрогеологических условий.

Процесс входа в известняк (с цикла № 43) по натурным наблюдениям строительной организации описывается следующим образом.

1. При врезке в известняк С3sv уровень воды в стволе (гидропригруз) так же, как в случае со стволом № 748, резко понизился.

2. За счёт модернизированного уплотнения (воротника) ножевого кольца и оптимального состава бентонита удалось сохранить тиксотропную «рубашку».

3. На поверхности вблизи ростверков наблюдались осадки. Но за счёт заглубления свай ростверков в глину и известняк и соединения ростверков между собой железобетонными балками, устойчивость и функциональность ростверков были полностью сохранены.

В итоге проходку ствола не останавливали, о чем можно судить по рис. 2. Ствол прошли без проблем в директивных сроки. Вся проходка ствола № 749 глубиной 72 м (с монтажом, демонтажем, сооружением днища, гидроизоляцией и обваркой нащельников) заняла менее пяти месяцев. Это стало возможным только после составления прогноза на основе анализа инженерно-геологических условий и опыта предыдущей проходки.

Анализ распределения осадки земной поверхности

На рис. 3 представлены графически обработанные данные из информационных справок ООО «Инжтоннельгеодезия» по на-

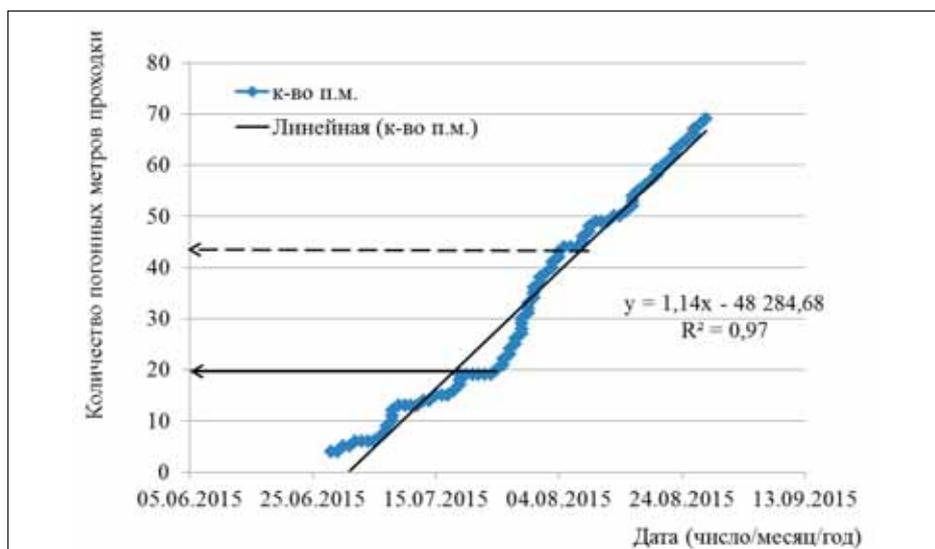


Рис. 2. Производительность проходки ствола № 749 по суткам 2015 г.

блюдению за высотными перемещениями грунтового массива при строительстве шахтного ствола № 749 на площадке № 15 в период с мая по ноябрь 2015 г.

Ежемесячные наблюдения были начаты на стадии бурения свайного основания для ростверков, продолжены на стадии проходки ствола и закончены на стадии обустройства постоянных конструкций ствола.

Обращают на себя внимание следующие особенности начального проявления вертикальных перемещений земной поверхности вокруг ствола № 749 (1 цикл измерений).

1. Построенные по значениям перемещений грунтовых реперов изолинии и площади осадки/подъема поверхности земли на 1-м цикле измерений показывают сформировавшуюся картину вертикальных деформаций поверхности от бурения под сваи ростверков.

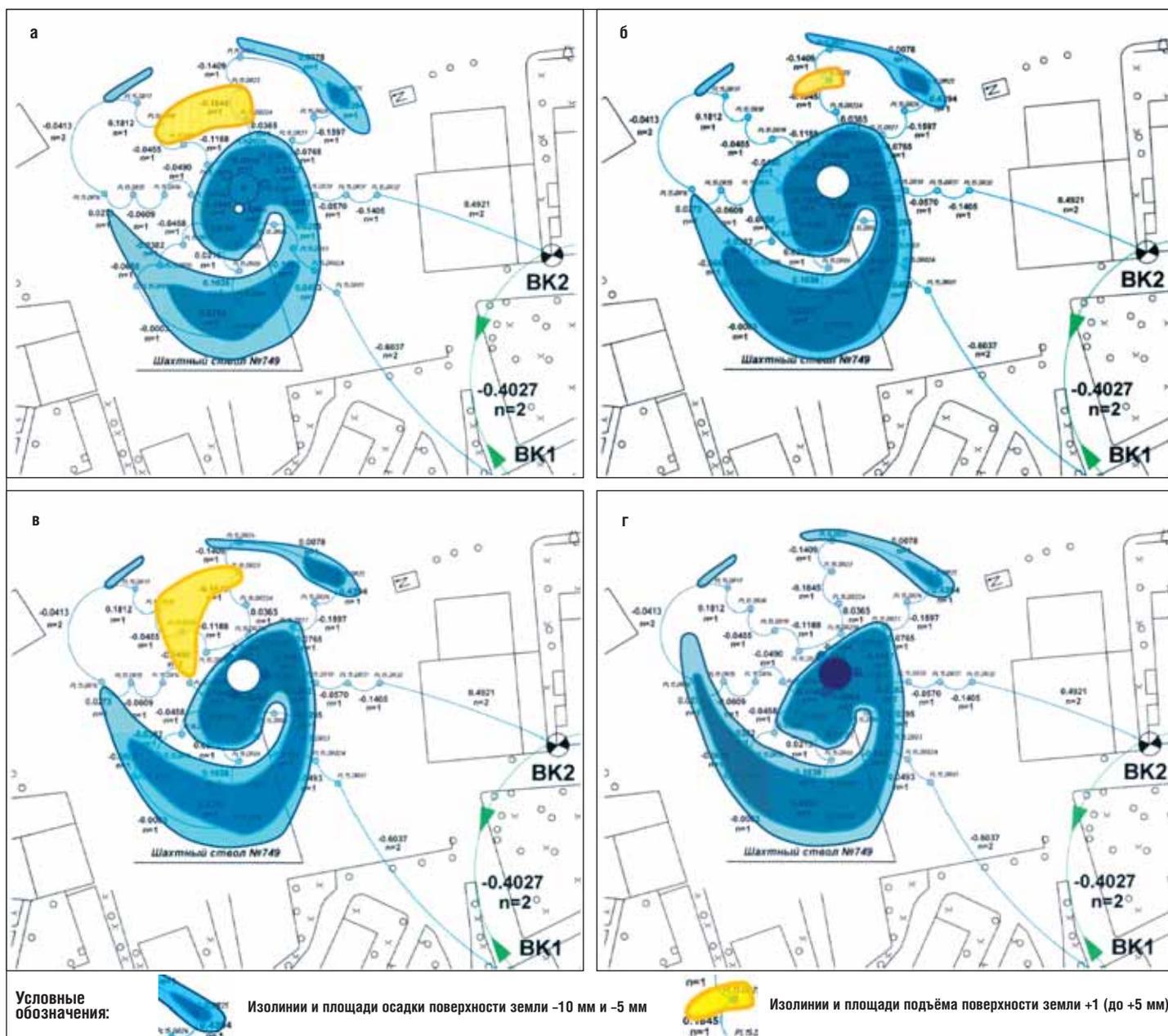


Рис. 3. Результаты наблюдений за высотными перемещениями грунтового массива при строительстве шахтного ствола № 749: а – 1 цикл (29.01.2015) – бурение свай ростверков; б – 3 цикл (17.07.2015) – цикл (кольцо) № 15 ствола; в – 4 цикл (14.08.2015) – цикл (кольцо) № 50 ствола; г – 6 цикл (15.10.2015) – обустройство ствола (69 колец)

2. Мульда деформаций имеет сложный вид спиральной борозды, закручивающейся против часовой стрелки по направлению к месту бурения свай. Усредненная глубина ее русла 15 мм (максимум 32 мм), максимальное удаление русла от места бурения $L = 40$ м.

3. Возможно, при бурении свай через верхний пласт водоупорной глины мощностью менее 4 м на глубине $H = 20$ м произошла перфорация данного пласта, вызвавшая центростремительное передвижение грунтовых вод с глубины $H_{\text{УТВ}} = 15$ м на глубину 20 м с образованием депрессионной воронки и спиралеобразного следа на поверхности земли от осадки осушенного грунта (с направлением закручивания спирали против часовой стрелки).

4. Расчетный объем дренированных грунтовых вод приблизительно равен объему образовавшейся мульды осадки земной поверхности и составляет $V_B \approx 20 \text{ м}^3$.

5. Радиус основания конуса депрессионной воронки равен $R = L(H - H_{\text{УТВ}}) / H = 40 \times (20 - 15) / 20 = 10$ м. Приближенный объем конуса депрессионной воронки с вогнутой (радиус $R_K \approx 11$ м) образующей конуса ($K_\phi \approx 0,6$) составляет $V = K_\phi \times \pi R^2 (H - H_{\text{УТВ}}) / 3 = 0,6 \times 3,14 \times 10 \times 10 \times (20 - 15) / 3 = 0,6 \times 523 \text{ м}^3 = 314 \text{ м}^3$.

6. Объемная потеря влажности пород в депрессионной воронке составляет $\Delta w_o = 100V_B / V = 100 \times 20 / 314 > 6 \%$, в целом соответствует фактическим данным о физических свойствах водонасыщенных ($w = 24 \%$ от веса) и маловлажных ($w = 12 \%$ от веса) от псков.

3-й, 4-й и 6-й цикл измерений определяют картину вертикальных перемещений земной поверхности от проходки ствола. Контуры мульды осадки земной поверхности вокруг проходимого ствола фактически не меняются в процессе проходки, что говорит о слабом влиянии процесса заглубления ствола на поверхностные деформации. Входы горных работ на стволе № 749 в известняк на кольце № 20 и кольце № 43 не сказались на развитии деформаций, поскольку контуры мульды осадки на 3-м (кольцо № 15) и 4-м (кольцо № 50) цикле измерений существенно не отличаются.

На рис. 4 приведены зависимости трех видов осадки (суммарной за семь месяцев, за 1-й месяц измерений и расчетной) от расстояния между контуром ствола и точкой измерений. Результаты измерений по шести направлениям профиля от ствола аппроксимировались полиномиальными зависимостями.

Из рис. 4 следует, что значения фактической суммарной осадки отличаются от расчетных значений в 2 раза на небольшом расстоянии от ствола (порядка 5 м) при совпадении значений на интервале 10–20 м, поэтому целесообразно рекомендовать корректировку расчетного алгоритма осадки вблизи ствола.

Форма усредненного профиля мульды осадки установилась еще по результатам первого цикла измерений (первоначальная

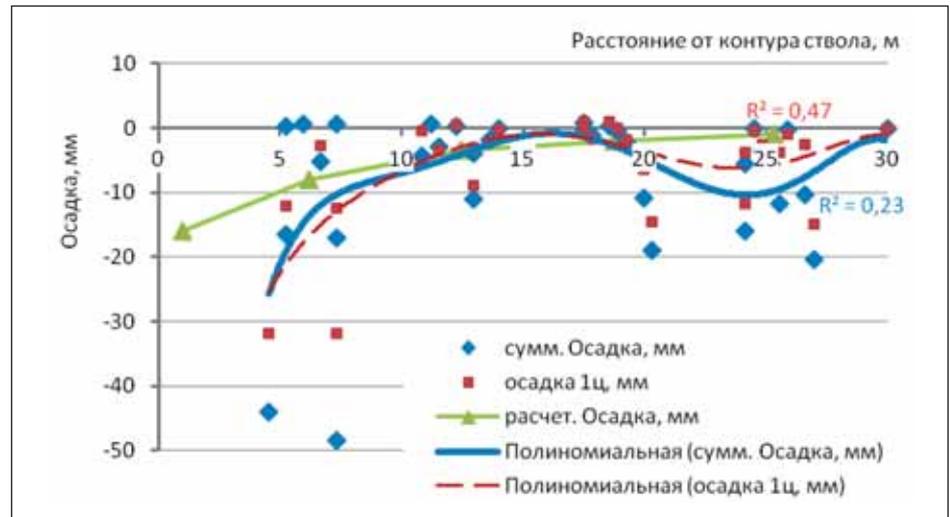


Рис. 4. Зависимости осадки (суммарной, за 1-й месяц измерений и расчетной) от расстояния между контуром ствола и точкой измерений

осадка после бурения свай до проходки ствола) и не претерпела существенных изменений по результатам последнего цикла измерений. Процесс проходки ствола несущественно повлиял на значения осадки — несколько уменьшил первоначальную осадку на расстоянии 5–10 м от ствола (за счет давления нагнетания бентонита) и увеличил с 5 до 10 мм глубину русла кольцеобразной мульды осадки на расстоянии 25 м (вероятно за счет падения уровня гидропригрузки с глубины 20 м на глубину 35 м с образованием поверхности скольжения грунта по направлению к стволу [3]).

Ежемесячными геодезическими наблюдениями также замечено, что углубление ствола с 15 до 50 м вызвало максимальную дополнительную осадку около –8 мм в 5 метрах от ствола по южному направлению. Это может быть связано с разрыхляющим действием на массив процесса бурения для свай, расположенной к югу от ствола, что было замечено еще на 1-м цикле измерений (рис. 3а).

В результате проведенного анализа распределения осадки земной поверхности вокруг ствола в разных циклах его строительства выданы соответствующие рекомендации.

Рекомендации

1. При подходе забоя ствола к расположенному ниже УГВ водонесущему пласту нижележащего горизонта подземных вод во избежание выноса грунта с грунтовыми водами через зазор за обделку ствола целесообразно выполнить предварительную перфорацию водоупорного пласта скважиной за контуром ствола для появления гидравлической связи между водонесущими горизонтами и дренажа подземных вод через скважину.

2. Рекомендуется предварительное понижение уровня подземных вод: не залповое через забой ствола, а постепенное — через боковую скважину, что позволяет избежать внезапно больших потерь бентонитового раствора и технологической воды, а также

смыкания зазора с бентонитовой рубашкой и деформирования устья ствола.

3. Рекомендуется проводить геодезические измерения на поверхности стройплощадки, начиная с даты начала бурения гидрогеологических скважин в каждый водонесущий горизонт и скважин под свайные ростверки, поскольку процесс проходки ствола несущественно влияет на значения первоначальной осадки после бурения скважин до проходки ствола.

Ключевые слова

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

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

Список литературы

1. Синицкий Г. М., Мазеин С. В., Ломоносов С. М. Перспективы внедрения современных стволпроходческих комплексов в практику подземного строительства городов // Метро и тоннели. – 2012. – № 1. – С. 26–27.
2. Потапов М. А., Потапова Е. В. Стволпроходческие комплексы: практика применения для проходки вертикальных стволов Московского метрополитена за последние 10 лет // Метро и тоннели. – 2016. – № 2 – С. 12–16.
3. Мазаник Т. А., Потапов М. А., Потапова Е. В. Рекомендации по минимизации деформаций земной поверхности (на примере применения стволпроходческого комплекса для строительства метро) // Метро и тоннели. – 2016. – № 3. – С. 12–16.

Для связи с авторами

Мазаник Татьяна Александровна
MazanikT@metroiprotans.com
Потапов Михаил Анатольевич
Potapov_ma@mail.ru
Потапова Елена Владимировна
Potapova@smu-162.tino.ru



ОСОБЕННОСТИ КРЕПЛЕНИЯ СТВОЛОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

FEATURES OF SHAFTS MOUNTING IN COMPLEX GEOLOGICAL CONDITIONS

И. М. Паланков, А. А. Мишедченко, ЗАО ОШК «Союзспецстрой»

I. M. Palankov, A. A. Mishedchenko, Souzspecstroy

В статье рассмотрен вопрос эффективности применения комбинированной чугунно-бетонной крепи и двойной тубинговой крепи с бетонным заполнением промежутка между тубингами для крепления вертикальных шахтных стволов калийных рудников на глубинах более 500 м. Предложена инновационная конструкция двустенных чугунных тубингов, обоснованы условия их применения.

In the article is examined the problem of the effectiveness of a combined cast-concrete lining and double tubing lining with concrete filling the space between the tubing for fastening vertical shafts potash mines at depths greater than 500 m. A double-walled design of innovative cast iron tubing, justified their application.

Введение

Одной из самых ответственных работ при сооружении шахтных стволов на калийных рудниках является возведение крепи, что объясняется весьма жесткими требованиями, предъявляемыми к ней в части водонепроницаемости и стойкости против агрессивного воздействия рассолов.

Особые условия работы крепи имеют место в соленосных отложениях на глубинах более 300 м, где массив пород обладает значительной ползучестью. Например, бетонная крепь ствола Главный Калушского калийного рудника за 10 лет эксплуатации была полностью разрушена, при этом радиальные смещения крепи превысили 200 мм. На глубине 440 м произошло разрушение бетонной крепи в стволе № 2 Второго Березниковского калийного рудника, а также бетонная крепь ствола № 3 Третьего Березниковского рудника в соляных породах на глубинах 435–470 м была деформирована настолько, что перемещение по стволу стало небезопасным. Разрушения крепи происходили и на Закарпатском соляном руднике.

В 1984 г. произошло катастрофическое разрушение бетонной крепи клетового ствола шахты «Центральная» Донского ГОКа в интервале глубин 572–765 м. Ствол на высоту 193 м был засыпан породой. В проекте восстановления разрушенной части ствола и его дальнейшей проходки была принята комбинированная крепь из чугунных тубингов и бетона. Осложнения возникли при сооружении рассечек на глубине 805 м, где было отмечено появление трещин в спинках тубингов [1].

Тубинговая крепь

В описанных условиях ни один вид крепи, кроме тубинговой, не может обеспечить безопасность работы шахты, в силу чего шахтные стволы при наличии водоносных горизонтов крепятся, как правило, только тубингами.

Однако, как показывает опыт строительства крупнейших стволов на Солигорском калийном руднике, вследствие несоответствия качества тубингов техническим условиям, приток воды в первом же пройденном стволе (№ 3) в начальный момент после размораживания достиг 130 м³ в сутки.

С другой стороны, пресные воды, проникающие в ствол из закрепного пространства, растворяя интенсивно образующуюся при проходке ствола соляную пыль, превращаются в рассолы, содержащие различные соли (главным образом NaCl, KCl, MgCl₂, MgSO₄ и другие), оказывающие вредное воздействие на бетон. Помимо этого в ствол могут проникать и естественные рассолы, насыщенные этими же солями. Особенно агрессивными по отношению к бетону являются рассолы, содержащие магниевые соли, имеющиеся на всех калийных месторождениях. Воздействуя на цемент, MgCl₂ образует с Ca(OH)₂ легко растворимый CaCl₂; получающийся при этом избыток магния в составе цемента приводит к образованию Mg(OH)₂ и выделению его из цемента, т. е. к разрушению последнего.

Из приведенных выше данных следует, что при снижении несущей способности бетона и увеличении водопроницаемости тубинговой крепи отслаивание бетона от тубингов неизбежно, как и просачивание воды в ствол через зазоры между тубингами. Предусматриваемая чеканка швов не может полностью решить эту проблему вследствие сезонных изменений линейных размеров тубинговой колонны при изменении температуры в стволе в пределах от –5 до +25 °С. Летом происходит расширение материала и удлинение металлического кольца высотой 1,5 м на 0,48 мм (при повышении температуры на 30 °С и коэффициенте линейного расширения чугуна $1,07 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) – на эту же величину сжимается свинцовая прокладка. Зимой температура падает до 0 °С и ниже, а высота кольца уменьшается на

$0,0000107 \times 20 \times 1,5 = 0,32$ мм. Однако свинец не может восстановить прежний объем, и поэтому в стыках образуются зазоры размером 0,32 мм, через которые начинается проникновение воды. Систематическая чеканка швов крепи ствола спасает положение лишь на один сезон и в течение года свинец снова «выжимается» [2]. Также следует учитывать тот факт, что при проведении тампонажных работ могут выдавливаться горизонтальные и вертикальные свинцовые прокладки вследствие давления, созданного при нагнетании тампонажного раствора и превосходящего сумму горного и гидростатического давлений (рис. 1).

В России при проходке стволов в сложных горно-геологических условиях с применением способа искусственного замораживания пород в большинстве случаев используется чугунная тубинговая крепь с заполнением за-тубингового пространства бетоном. В зарубежной практике большое распространение получила сталебетонная крепь, применявшаяся при проходке стволов шахты «Беатрикс», на стволе «Рейнберг» и в 2003–2004 гг. на стволе Konradsberg предприятия по добыче каменной соли Heilbron. Сталебетонная крепь представляет собой сложную конструкцию, состоящую из внешнего слоя – чаще всего бетонные блоки с уплотняющими прокладками из мягкой древесины, слоя асфальта толщиной 15–30 см, уплотнительного слоя стали и основной несущей конструкции, например, из сталебетонных колец либо стальной обечайки и монолитного бетона [3].

По сравнению со сталебетонной крепью чугунная имеет ряд преимуществ:

- коррозионная стойкость материала, не требующая применения специальных дорогостоящих антикоррозионных покрытий;
- высокая морозостойкость для применения в низкотемпературных условиях, при этом полностью исключена угроза хладоломкости;

- высокая точность механически обработанных тубингов;
- полная взаимозаменяемость тубингов в колонне.

Сталебетонная крепь позволяет обеспечить минимальный водоприток в ствол, что очень важно для калийных месторождений, однако последующие затраты на эксплуатацию весьма значительны. Все понимают, что при постоянной работе данной крепи в агрессивной среде, необходимость контроля и периодического восстановления антикоррозийного покрытия у стали – необходимо, но до настоящего момента не разработана технология восстановления данного покрытия на внешней поверхности стальных листов в условиях продолжающейся эксплуатации ствола.

Стоит отметить, что в тубингах, применявшихся в 1960–1970-х гг., так же имелись значительные недостатки. Их конструкция зачастую не отвечала своему основному назначению – воспринимать большое давление пород, а также при их применении возникали значительные трудности по обеспечению требуемой водонепроницаемости, которая должна обеспечить на калийных месторождениях остаточный водоприток в ствол не более $0,15 \text{ м}^3/\text{ч}$ [4]. Данная проблема была решена в 1981 г., когда проектной конторой Треста «Шахтспецстрой», в результате длительных изысканий и на основе определенных отступлений от традиционных конструкций с целью их упрощения и/или облегчения изготовления, был разработан тубинг конструктивной высотой $h = 1,5 \text{ м}$, (патент а.с. СССР № 796432, кл. E21D 5/10; рис. 2) с системой наружных круговых и радиальных ребер, расположенных относительно друг друга в шахматном порядке для увеличения жесткости каждого отдельного кессона тубинга; наличием прямого тампонажного отверстия с резьбой M60×4 и наклонного заливочного отверстия с резьбой M100×6.

Технологией монтажа применявшегося ранее тубинга конструкции немецких специалистов предусматривалось направление снизу вверх, поэтому колонна состояла из нормальных колец, а также опорных, верхнего и нижнего пикотажных тубинговых колец. Монтаж тубинговых колец, разработанных проектной конторой Треста «Шахтспецстрой», осуществлялся, как правило, сверху вниз (допускался и восходящий порядок монтажа) с возможностью бетонирования каждого тубингового кольца. Эта технология с использованием данных тубингов применяется и по сегодняшний день.

Постоянный рост глубины ведения горных работ, связанный с освоением новых подземных горизонтов, вводом в действие новых предприятий, разрабатывающих месторождения полезных ископаемых подземным способом, приводит к возрастанию действующего на крепь стволов горного давления и возникающих при этом напряжений. Это требует разработки новых конструкций

крепей, соответствующих ухудшающимся горно-геологическим и горнотехническим условиям, так как даже такая удачная, названная выше, конструкция тубингов, имеет пределы области применения.

Современное состояние металлургической промышленности, накопленных знаний и техники конструирования позволяют изготавливать чугунные тубинги с толщиной спинки не более 120–130 мм. Попытки увеличить этот параметр чреваты образованием усадочных раковин. Кроме того, следует учитывать, что определенное увеличение толщины стенки тубинга, изготавливаемого из серого чугуна, ведет к ухудшению физических свойств этого материала, особенно к снижению прочности на растяжение и на сжатие. Иначе говоря, нельзя ожидать непрерывного пропорционального увеличения несущей способности крепи, так как в массивных толстостенных отливках, при малых скоростях охлаждения их в форме, получается крупнозернистая структура металла, отличающаяся небольшой прочностью. Так, для серого чугуна марок СЧ18-36 и СЧ21-40 коэффициент уменьшения предела прочности на растяжение при толщине отливки 120 мм составляет $\epsilon_e = 0,41$, для модифицированных серых чугунов марок СЧ24-44 ÷ СЧ36-56 соответственно $\epsilon_e = 0,5$, для высокопрочного чугуна (ВЧ) с шаровидным графитом $\epsilon_e = 0,8$. Подобная закономерность характерна не только для чугунов, но и для литых сталей и других сплавов.

Стеновые испытания тубинговых колец из чугуна марки СЧ24, проведенные Трестом «Шахтспецстрой» на заводе ДЗМО с 1972 по 1978 г., отдельных тубингов и отлитых образцов из чугуна марки ВЧ показали, что в статическом режиме восприятия нагрузок такой чугун «работает» подобно стали высоких марок. Так, для сталей классов прочности С 38/23, С 44/29, С 52/40 и т. д. расчетные, т. е. используемые при проектировании конструкций показатели прочности на растяжение и сжатие составляли лишь 2100, 2600 и 3400 кг/см² соответственно. Таким образом, можно утверждать, что и для высокопрочных чугунов классов прочности ВЧ50 и ВЧ70 допустимо повышение прочности только до известного предела пропорциональности. После которого в конструкции могут происходить значительные пластические деформации, приводящие к разрушению бортов по болтовым отверстиям, в которых проявляется концентрация напряжений и, как следствие, развиваются трещины от болтового отверстия на внутренний край борта. Поэтому пределы прочности, учитываемые при расчете устойчивости тубингового кольца как для тубингов, изготовленных из чугуна СЧ, так и для тубингов из чугуна ВЧ, примерно равны. Отличие, в основном, касается модуля упругости. Верхние значения предела временной прочности, указанные в обозначении класса прочности, не могут быть использованы при проектировании.



Рис. 1. Характер выдавливания вертикальных свинцовых прокладок

В отличие от крепи шахтного ствола, использование чугуна марки ВЧ для изготовления тоннельных тубингов сразу дает заметные преимущества, так как при проектировании крепи тоннеля используется, в основном, прочность на растяжение, которая при применении чугуна марки ВЧ может возрасти в пять раз. В этом случае экономия за счет снижения массы конструкции достигает 40–50 %, благодаря чему компенсируется увеличение стоимости более прочного материала, усложнение технологии отливки и механической обработки.

В мировой практике строительства вертикальных стволов (шахт «Вартберг», «Карл Александр», «Беринген» и др.) в сложных условиях проходки на больших глубинах и при наличии проявления повышенного горного давления (пластическое течение глины или их пучение) на отдельных участках ствола применялся переход на двойную тубинговую колонну крепи с одновременным использованием тубингов, изготовленных из чугуна марок СЧ и ВЧ. [1].

Таким образом, при значительных горном и гидростатическом давлениях возникает необходимость применения тубингов с

Рис. 2. Тубинг конструкции «Шахтспецстрой», патент СССР № 796432, кл. E21D 5/10



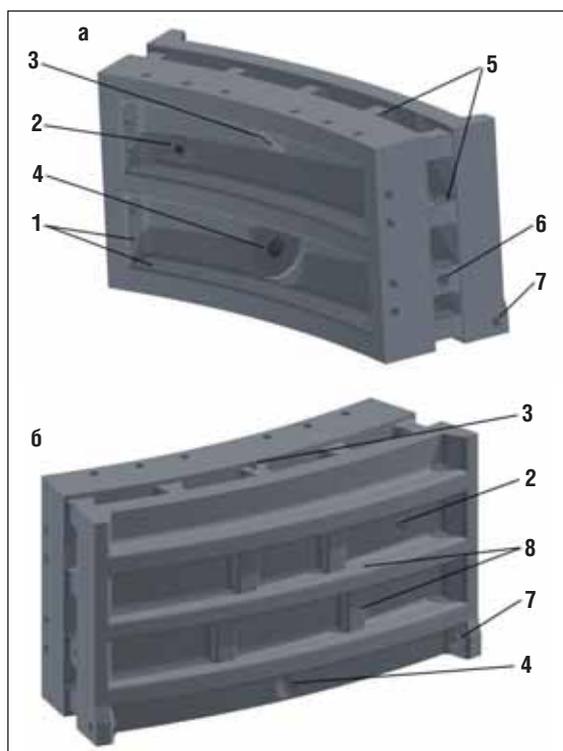


Рис. 3. Двустенный тубинг: а – вид с внутренней стороны; б – вид с внешней стороны; 1 – болтовые отверстия, предназначенные для крепления тубингов при сборке в тубинговое кольцо; 2 – отверстие для проведения контрольного тампонажа и для нагнетания цементного раствора между спинками; 3 – отверстие для контроля уровня заполнения цементного раствора между спинками и для нагнетания цементного раствора в полости между спинками при сборке тубинговых колец; 4 – наклонное заливочное отверстие для бетонирования при монтаже крепи; 5 – опорно-столбчатые элементы, равномерно расположенные по поверхности двух концентрических спинок; 6 – отверстия для установки клиновидных стяжек с целью обеспечения плотного примыкания и надежной гидроизоляции между соединяемыми тубингами в кольце; 7 – отверстия под штифты, предназначенные для обеспечения сохранения точности сборки тубингового кольца; 8 – система круговых и радиальных наружных ребер жесткости, образующих ярусы, равномерно усиливающие конструкцию тубинга

большой несущей способностью, чем имеющиеся. В этих случаях до настоящего времени рекомендовалась установка двух тубинговых колонн (концентрично одна в другой). Общая толщина обеих тубинговых колонн соответствует требуемому расчету, исходя из общей толщины как бы одной спинки тубинга. Пространство между двумя тубинговыми колоннами заполнялось «промежуточным» слоем бетона, а пространство между внешней стенкой тубинговой колонны и породным контуром ствола, как и в случае одностенной тубинговой колонны, заполнялось литым бетоном.

С точки зрения несущей способности, этот тип крепи наиболее предпочтителен и может быть применен во всех случаях практики сооружения стволов.

Недостатком крепи из двойной колонны тубингов является ее большая стоимость, связанная со сложностью перехода на отдельные участки ствола на другую технологию проходки и крепления, на вынужденное снижение скорости проходки ство-

ла и резкого возрастания стоимости одного погонного метра крепи. При возведении наружной колонны осуществляется чеканка швов с целью повышения гидроизоляции крепи, что нельзя не делать, однако время, потраченное на чеканку и расход материала, оборачивается в лишние затраты в связи с тем, что после монтажа внутренней колонны и бетонирования межтубингового пространства, отсутствует доступ к внешней тубинговой колонне. Также в случае повреждения наружной колонны тубингов отсутствует возможность их ремонта вследствие указанных выше причин, а последующее разрушение наружной колонны тубингов приводит к тому, что все гидростатическое давление должна воспринять внутренняя тубинговая колонна, что подразумевает установку тубингов с большей толщиной спинки.

Из приведенного анализа следует, что сооружением двойной тубинговой колонны решается вопрос увеличения несущей способности крепи в целом, но до определенных максимально допустимых значений давления на крепь. При восприятии гидростатического давления в 10 МПа одностенная тубинговая колонна не может выдерживать действующей нагрузки, что приведет к пропуску воды к внутренней колонне. Таким образом, можно утверждать, что необходимо абсолютно надежное соединение оболочек друг с другом во избежание разрушения крепи.

Крепь из двустенных литых тубингов

Взамен трудоемкой технологии возведения двух тубинговых колонн авторы-разработчики предлагают использовать крепь из двустенных литых тубингов, возводимую по известной совмещенной технологической схеме сверху вниз, способную воспринимать гидростатическое давление до 20 МПа, а также значительные сжимающие и изгибающие нагрузки.

Такая конструкция тубингов разработана в ООО «РусШахтСпецСтройПроект», входящего в состав ЗАО «ОШК «Союзспецстрой». Наиболее близким техническим решением по совокупности существенных признаков является тубинг коробчатого типа, разработанный в 1959 г. в ГДР, которым был успешно закреплен на глубине 558–668 м ствол II калийного предприятия «Маркс-Энгельс» диаметром в свету 5 м при давлении воды 6,5 МПа [5].

Двустенный тубинг (рис. 3а) ООО «РусШахтСпецСтройПроект» изготовлен в

виде единой металлической литой конструкции. На наружной поверхности спинки выполнена система круговых и радиальных ребер жесткости (рис. 3б), равномерно усиливающих конструкцию тубинга. Наличие отверстий в опорно-столбчатых элементах упроощает технологию сборки и повышает ремонтопригодность тубингового кольца, собранного из тубингов данной конструкции (патент РФ № 2580108).

Данной конструкцией двустенного тубинга мы вновь подтверждаем написанные в 1978 г. слова в книге «Крепь вертикальных стволов шахт» Н. С. Булычева, Х. И. Абрамсон с. 177: «с возможностью изготовления таких тубингов из высокопрочного чугуна проблему тубинговой крепи высокой несущей способности можно считать принципиально решенной».

Выводы

Крепь шахтного ствола, состоящая из двустенных тубингов, имеет следующие несомненные преимущества перед крепью из двух тубинговых колонн:

- меньший расход материалов;
- небольшие затраты времени на возведение крепи;
- способность воспринимать значительно более высокое гидростатическое давление и значительные сжимающие и изгибающие нагрузки;
- отсутствие опасности потери устойчивости крепи;
- эксплуатационная надежность.

Ключевые слова

Чугунно-бетонная крепь, двустенный тубинг, калийные рудники, деформации шахтной крепи, водоподавление.

Cast iron-concrete shaft lining, double-walled tubing, potash mines, shaft's lining deformations, water suppression.

Список литературы

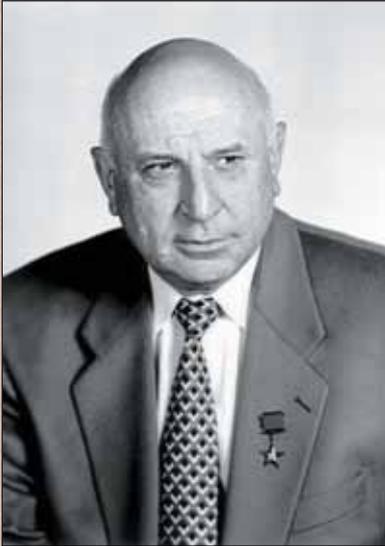
1. Казикаев Д. М., Сергеев С. В. Диагностика и мониторинг. – «Горная книга». – М. – 2011.
2. Андреев А. Н. Тубинговое крепление вертикальных шахт. – Углетехиздат. – М. – 1950.
3. Паланков И. М. Перспективы применения сталебетонной крепи для вертикальных стволов в сложных горно-геологических условиях соляных месторождений. – ГИАБ № 10, 2010.
4. Куликова Е. Ю. Нормативные остаточные притоки и надежность несущих конструкций подземных сооружений. – ГИАБ № 7, 2007.
5. Булычев Н. С., Абрамсон Х. И. Крепь вертикальных стволов шахт. – М. – Недра. – 1978.

Для связи с авторами

Паланков Ибрагим Магомедович
palankov.im@souzspecstroy.ru
Мишедченко Анатолий Анатольевич
AMished@mail.ru



СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ ЮРИЯ ПАВЛОВИЧА РАХМАНИНОВА (К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



20 июля 2016 г. заслуженному строителю СССР, почетному транспортному строителю Юрию Павловичу Рахманинову исполнилось бы 80 лет.

Юрий Павлович Рахманинов родился в 1936 г. в Москве в семье служащих. Он был внучатым племянником русского композитора С. В. Рахманинова.

В 1960 г. Юрий Павлович окончил Тульский горный институт и всю свою жизнь посвятил подземному строительству, отдавая свои глубокие инженерные знания и талант, организаторские способности и энергию развитию Московского метрополитена, сооружению других подземных объектов. Его имя связано с широким применением в подземном строительстве новых технологий, конструкций и материалов, средств механизации и оборудования.

Под руководством Юрия Павловича Рахманинова успешно построены многие сложнейшие подземные объекты в России и странах СНГ, в 1986 г. он принимал непосредственное участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Самоотверженный труд Юрия Павловича в области укрепления экономического потенциала нашей страны, развития транспортной инфраструктуры России и стран СНГ по достоинству отмечены в нашем государстве – ему присвоено звание Героя Социалистического Труда, он награжден орденами России «За заслуги перед Отечеством» II и III степени, орденами и медалями СССР и России.

Особенно приятно отметить, что в 1990 г., одним из первых, Юрий Павлович поддержал создание Тоннельной ассоциации России, и в течение многих лет, до самой своей кончины, активно сотрудничал с ней и принимал участие в большинстве проводимых ею мероприятий.

Многие члены Тоннельной ассоциации России работали с Юрием Павловичем и вспоминают о нем, как о выдающемся инженере и опытном руководителе строительного производства, многие хранят о нем память, как о своем учителе, открывшим для них путь в область подземного строительства. У всех людей, которых судьба сводила с Юрием Павловичем, навсегда остались в памяти его высокие человеческие качества – огромная трудоспособность и умение добиваться успеха в поставленной цели, доброе отношение и уважение к людям, желание помочь им в трудных ситуациях.



Храм Гребневской Иконы Божией Матери, г. Одинцово



С митрополитом Можайским Григорием после освящения храма, 1998 г.

СЕКЦИОНИРОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ СЕТИ МЕТРОПОЛИТЕНА. НЕПЕРЕКРЫВАЕМЫЕ ВОЗДУШНЫЕ ПРОМЕЖУТКИ КОНТАКТНОГО РЕЛЬСА, ПРОЩАЙТЕ?

SECTIONALIZING OF CONTACT NETWORK OF SUBWAY. UNRECOVERED AIR INTERVALS OF CONTACT RAIL, FAREWELL?

А. Д. Меркулова, генеральный директор ОАО «Моспроект-3»

А. Б. Куровский, главный инженер проектов ОАО «Моспромпроект»

Б. Ю. Поляков, главный инженер ОАО «Моспромпроект»

Е. Ф. Чумаков, советник генерального директора по проектированию объектов метрополитена ОАО «Моспромпроект»

A. D. Merkulova, A. B. Kurovsky, B. U. Polyakov, E. F. Chumakov

До сего момента в метро принято секционировать контактный рельс неперекрываемым (≥ 14 м) воздушным промежутком. Попросту обыкновенным разрывом. При этом мы сознательно вынуждены допускать прерывание питания поезда при прохождении таких участков. Чтобы как-то компенсировать этот недостаток, приходится выбирать место секционирования там, где поезд не потребляет электроэнергию. Там, где поезд идет на выбеге или тормозит. При любых сбоях мы имеем сильную дугу, если приходится включать двигатель на таких участках.

Опять-таки никакой речи о рекуперации не стоит. Предлагаемый узел секционирования освобождает от всех таких недостатков.

В регулярном режиме неперекрываемых промежутков просто нет, а при отключении разъединителей узла токоприемники вагона не замыкают смежные секции.

По сути, это просто бомба в проектировании тяговой сети метрополитена.

Служба электроснабжения метрополитена выставила экспертом по тяговой сети Лобачева Дмитрия Олеговича (тел. 8-916-849-2993). Он ошибок не обнаружил.

Возможно, публикация этого материала ускорит формальную процедуру внедрения активного узла секционирования в метро. Приглашаем всех специалистов принять участие в данной дискуссии.

В Московском метрополитене для секционирования контактной сети традиционно применяются неперекрываемые воздушные промежутки контактного рельса (ВПКР). Питание вагона от контактной сети в месте неперекрываемого ВПКР прерывается. «Для того чтобы при движении поезда не замыкать через токоприемники вагона разделенные секции и не передавать напряжение с одной секции (зоны) на другую, длина разрыва в месте секционирования выполняется большей, чем расстояние между токоприемниками вагона» [1, с. 32]. Это положение действительно только при снятом напряжении на одной из секций, в рабочем режиме смежные секции электрически соединены через шину 825+ на тяговой подстанции (ТП).

Кроме того, в местах конструктивных разрывов КР (пересечение стрелок, установка оборудования и т. д.) наоборот, требуется, чтобы питание вагона от контактной сети не прерывалось. «Длина воздушного промежутка зависит от расстояния между двумя токоприемниками вагона, составляющего 12,6 м для всех эксплуатируемых вагонов

различных типов, и расстояния от конца отвода до расчетной точки касания токоприемника, равного примерно 1 м. Исходя из этих условий длину неперекрываемых промежутков принимают не менее 14 м, а перекрываемых – не более 10 м» [2, с. 26]. Для полноты картины заметим, что расстояние между токоприемниками не должно быть меньше 12,6 м ни под каким видом, а вот более 12,6 м может быть при условии, что будет обеспечено незамыкание отделяемых секций КР через токосъемники, например отжатием последних от КР.

Активный узел секционирования контактной сети

Мы предлагаем использовать для секционирования контактной сети активный (управляемый) узел секционирования, который во включенном состоянии будет перекрываемым ВПКР, а при выключении разделенные секции не будут замыкаться через токоприемники вагона.

Устройство активного узла секционирования показано на рис. 1. Стандартный перекрываемый ВПКР модифицируем следующим образом.

1. Принимающий отвод 1/30 длиной 4160 мм наращиваем нормальным КР до длины 6520 мм и вместо нормального стыка КР применяем Высокопрочный изолирующий стык, патент № 2278196 от ОАО «НПП ПРИКЛАДНЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – АПАТЭК».

2. Отдающий отвод 1/25 длиной 3120 мм наращиваем нормальным КР до длины 5480 мм и вместо нормального стыка КР применяем Высокопрочный изолирующий стык.

Теперь каждая секция состоит из двух частей: основная и малая (наращенный отвод) части. Питание на основную часть подаем через шкаф подключения тяговой сети (ШПТС) с двухполюсным разъединителем. Со второго полюса питание через ШПТС с однополюсным разъединителем поступает на малую часть секции.

При включении всех разъединителей активный узел работает как перекрываемый ВПКР. В случае снятия напряжения с какой-либо секции следует отключить двухполюсный и однополюсный разъединители, и тогда основная часть отключенной сек-

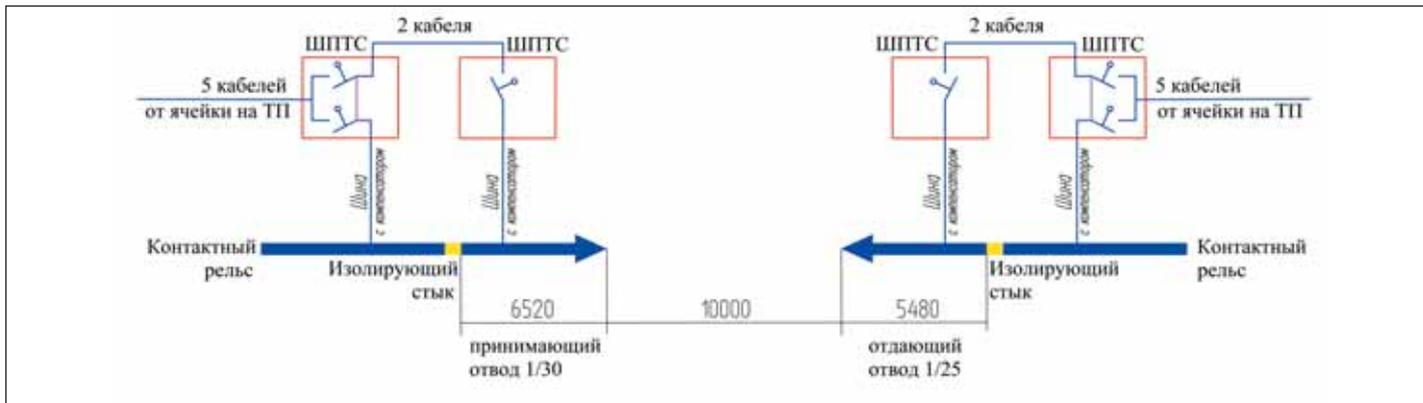


Рис. 1. Активный узел секционирования тяговой сети

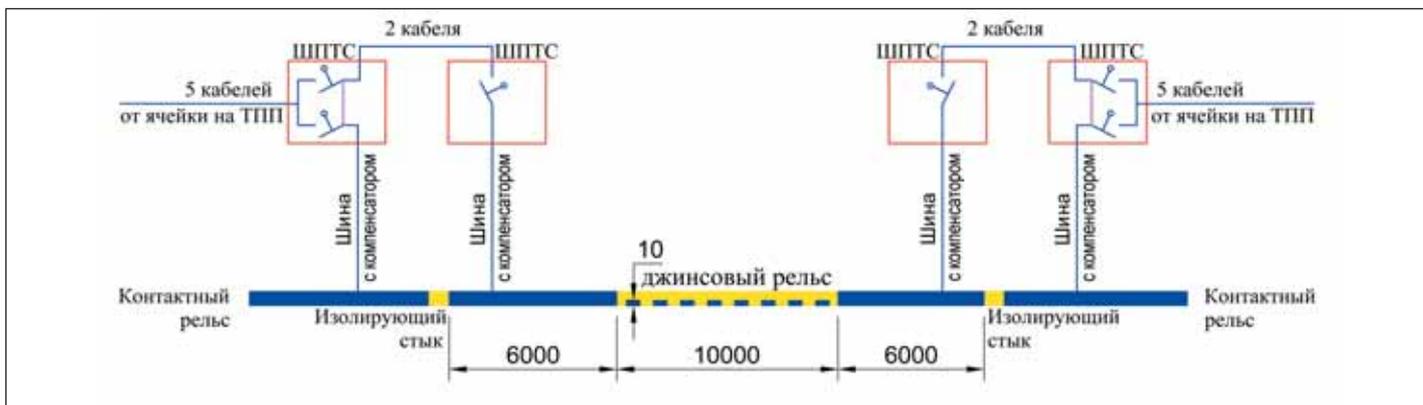


Рис. 2. Активный узел секционирования КР без ВПКР

ции будет защищена от замыкания через токоприемники.

При к. з. или перегрузке разъединители малых частей отключаются. Восстановление напряжения происходит раздельно по основным частям секций. После восстановления питания тяговой сети основных частей обеих секций включается питание малых частей обеих секций.

Обустройство активного узла секционирования КР не требует разработки какого-либо дополнительного оборудования.

Высокопрочный изолирующий стык успешно применяется для путей рельсов и может быть применен для КР, т. к. механические нагрузки на КР от токоотъемников исчезающе малы по отношению к осевым нагрузкам (до 250 кН) на путевые рельсы от подвижного состава.

ШПТС с двухполюсным разъединителем входит в номенклатуру ОАО «НИИЭФА-Энерго».

Полученный результат

1. Применение активного узла секционирования КР «убивает» неперекрываемые ВПКР. Поезда могут идти в режиме «тяги» на всем протяжении головных путей.

2. Рекуперативное торможение поездов становится возможным без оглядки на местоположение поезда.

3. Выбор места секционирования теперь не ограничивается местом торможения состава на подвезде к станции. Лучше всего минимизировать длины линейных кабелей от ТП. Экономия кабелей в среднем 1,5–2 км на станцию.

4. Значительные дуговые термические повреждения контактного и ходовых рельсов практически невозможны, зато для кабелей вероятность их велика даже при малых токах к. з.» [2, с. 201]. Минимизация длин линейных кабелей напрямую минимизирует места возможных термических повреждений кабелей.

5. Удобство обслуживания из-за компактного расположения ШПТС в окрестности ТП.

«Джинсовый» контактный рельс

Физические разрывы КР это «зло», с которым приходится мириться. Если в местах конструктивных разрывов КР (пересечение стрелок, установка оборудования и т. д.) устраивают кабельные перемычки, потому что вынужденные физические разрывы необходимо компенсировать электрическим соединением, то в месте секционирования ровно наоборот: нужно устроить электрический разрыв, а физический вовсе не обязателен. Использование ВПКР для электрического разрыва – это врожденный рудимент времен, когда разъединители были только ручными (с ручным приводом) и для безопасного прохода к ним (разъединителям) необходимы были видимые разрывы КР. На головных путях давно нет ручных разъединителей, но ВПКР в местах секционирования остались.

Назовем контактный рельс из композитного стеклопластика «джинсовым». Вставка джинсового рельса в активном узле секционирования вместо воздушного промежутка длиной 10 м позволяет отказаться от отводов КР. Проблема истирания джинсового рельса от взаимодействия с токоприемником решается впа-

ванием в нижнюю поверхность рельса 10 мм (по толщине) металлических пластин. Пластины отделены друг от друга и, значит, джинсовый рельс по-прежнему токонепроводим.

Активный узел секционирования контактной сети без ВПКР

Устройство активного узла секционирования без ВПКР показано на рис. 2. По сравнению с активным узлом секционирования здесь ВПКР заменен джинсовым рельсом и убраны принимающий и отдающий отводы соответственно. Этот узел целесообразно использовать, если место под ВПКР не используется и остается свободным.

Ключевые слова

Тяговая сеть, контактный рельс, секционирование.

Haunting network, contact rail, sectionalizing.

Список литературы

1. Под ред. Е. И. Быкова, *Электроснабжение метрополитенов, «Транспорт», Москва, 1977, 430 с.*
2. Е. И. Быков, Б. В. Панин, В. Н. Путьнин, *Тяговые сети метрополитенов, «Транспорт», Москва, 1987, 256 с.*

Для связи с авторами

Куровский Александр Борисович
a.kurovsky@mospp.ru
Поляков Борис Юрьевич
b.poliakov@mospp.ru
Чумаков Евгений Федорович
e.chumakov@mospp.ru



ТПМК. КАК ИСПРАВИТЬ ОШИБКУ

В. З. Коган, почетный транспортный строитель, Тоннельная ассоциация России



В статье поднимается понятийная проблема классификации тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК). Автор – известный специалист по эксплуатации горнопроходческого оборудования – приводит примеры ТПМК и их комплектации, а также предлагает дать точное определение щитовым машинам и комплексам.

Скажу сразу – речь пойдет о некоей несурризе, случившейся в наших стройных рядах. Я имею в виду ряды российских, и не только, тоннелестроителей.

Общепотребительной стала аббревиатура ТПМК – тоннелепроходческий механизированный комплекс. Она проникла в деловую переписку, техническую документацию, нормативные документы и, конечно, в научные диссертации.

Обозначают ею механизированные проходческие щиты с роторным исполнительным органом.

Аббревиатура эта, во-первых, совершенно не информативна и, во-вторых, понятие «тоннелепроходческий комплекс» никак нельзя отнести к механизированному проходческому щиту, который, к сожалению, мы сегодня именуем «ТПМК».

Об информативности

Ведь даже если принять, что аббревиатурой этой обозначается механизированный проходческий щит (или, как сейчас принято называть, комплекс), то из ее содержания совершенно неясен принцип механизированной разработки породы в забое. Общеупотребительные в

практике тоннелестроения обороты типа «ТПМК «София» или «ТПМК Херренкнехт» не несут никакой информации об этом проходческом щите. Совершенно неясен тип исполнительного органа для разработки забоя. Это может быть и проходческий щит с роторным или планетарным рабочим органом для крепких устойчивых пород, и щит с грунтовым или шламовым пригрузом, и, наконец, недавно появившиеся кроссоверы.

С другой стороны, мы знаем механизированные (имеется в виду механизированная разработка забоя, в отличие от ручной на ранних щитах) проходческие щиты, где разработка породы ведется вовсе не роторным исполнительным органом, а челюстными погрузчиками. Например, советский щит, работавший на перегоне «Волгоградский проспект» – «Крестьянская Застава» Московского метрополитена. Или стреловым исполнительным органом, как, например, в щитах английской фирмы «Маркхэм» и других производителей.

Перечисленные машины также являются ТПМК, если следовать принятой у нас в настоящее время терминологии. Однако никому в голову не приходит так их называть.

О понятии «проходческий комплекс»

В нормативной и технической литературе существует определенная неразбериха и противоречивость в определениях понятия «проходческий комплекс».

«Горная Энциклопедия» разъясняет, что «проходческий комплекс оборудования – система горных машин, обеспечивающая механизацию всех основных операций процесса проведения горных выработок, включая разрушение массива, погрузку, транспортировку горной массы и крепление выработки».

И далее, там же: «Проходческие комплексы оборудования... основываются на технологически и кинематически взаимосвязанной системе горных машин, смонтированных на единой базе» или «...на технологически взаимосвязанной системе автономно работающих горных машин».

С другой стороны, сегодняшний законодатель в строительной отрасли – «СТО НОСТРОЙ» – определяет ТПМК как «комплект механизмов и устройств для разработки и выдачи грунта, крепления забоя, возведения обделки и нагнетания тампонажного раствора за обделку».

В другом, своем же, нормативном документе, для «СТО НОСТРОЙ» ТПМК – это уже «комплект механизмов и устройств, осуществляющих во взаимосвязи и взаимодействии *все этапы работ* – (курсив автора), связанные с разработкой грунта, креплением забоя, уборкой грунта, возведением обделки».

Если первые определения в полной мере можно отнести к сегодняшней практике применения понятия ТПМК, то второе определение представляется нам единственно правильным, хотя и неполным.

Я бы сказал другими словами: комплекс оборудования – это определённый набор автономно работающих машин, выполняющих совместно определенную последовательность работ, результатом которых становится конечный продукт. В нашем случае – конструкция тоннеля.

Смею утверждать, что механизированный проходческий щит, даже самый современный, никак не может быть тоннелепроходческим комплексом, ибо готовая конструкция тоннеля создаётся действующим в единой технологической цепочке набором отдельных машин и механизмов, головную часть которой представляет этот самый щит как часть комплекса.

Щит сам по себе, каким бы механизированным он ни был, не может построить тоннель. Для этого нужен проходческий комплекс, тоннелепроходческий комплекс, куда, помимо проходческого щита, входят средства выдачи породы из тоннеля на дневную поверхность и доставки в забой необходимых материалов. Сюда относятся оборудование локомотивной откатки, конвейерная система выдачи породы, челноковые поезда и другое, без которых тоннель не построишь.

Вот далеко не полный перечень примеров ТПМК.

1. Механизированный проходческий щит плюс оборудование локомотивной откатки плюс средства разгрузки породных вагонеток и размещения породы в отвале или бункере.

2. Механизированный проходческий щит плюс оборудование локомотивной откатки плюс непрерывная конвейерная система.

3. Стреловой проходческий комбайн плюс анкерустановщик плюс оборудование локомотивной откатки плюс средства разгрузки породных вагонеток и размещения породы в отвале или бункере.

4. Стреловой проходческий комбайн плюс анкерустановщик плюс самосвальные автопоезда.

5. Буровая каретка на рельсовом или гусеничном ходу плюс экскаватор или гидроударник плюс погрузочная машина плюс оборудование локомотивной откатки плюс средства разгрузки породных вагонеток и размещения породы в отвале или бункере.

6. Буровая каретка на рельсовом или гусеничном ходу плюс экскаватор или гидроударник плюс погрузочная машина плюс самосвальные автопоезда.

Я опускаю здесь оборудование вертикального шахтного подъёма, если таковой имеется, а также штабелеры и горный комплекс на поверхности, без которых, зачастую тоннелепроходческий комплекс не может работать.

Итак, почему же механизированный проходческий щит роторного типа, который, как мы показываем, есть *часть* проходческого комплекса, совершенно неосновательно именуют самим ТПМК?

Выводы

1. Единственно правильным именованием механизированного проходческого щита с роторным исполнительным органом предлагается считать дословный перевод английского именованного таких щитов – Tunnel Boring Machine (ТБМ), то есть Тоннельная Буровая Машина (ТБМ). Соответственно, ТБМ Роббинс, ТБМ Херренкнехт, ТБМ Скуратовского машиностроительного завода и т. д.

Но это самое общее обозначение механизированных проходческих щитов с роторным исполнительным органом.

Подлежит отдельному рассмотрению вопрос создания аббревиатур для отдельных типов ТБМ – открытого типа, с грунтовым или шламовым пригрузом, с одной оболочкой и телескопных, а также кроссоверов.

2. Тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК) – это набор автономно работающих машин, выполняющих совместно определенную последовательность работ, результатом которых становится конечный продукт – конструкция тоннеля.

Тоннельная Буровая Машина (ТБМ) входит в состав Тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК).

Я, правда, не знаю, как выходить теперь из положения, но, скорее всего, время все поправит. Главное – осознать ошибку. Если есть проблема – она, рано или поздно, будет разрешена.

Тем более что проблема – бумажная, понятийная. Однако, мешающая работе.

Для связи с автором

Коган Валерий Зиновьевич
koganval@hotmail.com



ТОННЕЛЬНЫЙ ПЕРЕХОД МЕЖДУ СЕВЕРНЫМ И ЮЖНЫМ ТЕРМИНАЛЬНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ В АЭРОПОРТУ ШЕРЕМЕТЬЕВО

UNDERGROUND TUNNEL BETWEEN NORTHERN AND SOUTHERN TERMINAL COMPLEX IN SHEREMETYEVO INTERNATIONAL AIRPORT

Р. А. Степанов, архитектор объектов гражданской авиации
В. П. Полищук, главный инженер ОАО «Минскметропроект»
П. В. Чеканов, ГИП ОАО «Минскметропроект»
R. A. Stepanov, V. P. Polishchuk, P. V. Chekanov

В статье приведена информация об уникальном проекте сооружения тоннельного перехода в условиях действующего аэропорта Шереметьево. Назначение объекта, история вопроса, технические решения по организации проходческих работ под действующими взлетно-посадочными полосами.

The article includes information about the unique project of the construction of the tunnel under the functioning Sheremetyevo Airport. Appointment object, the background, the technical solutions for the organization of tunnel works beneath the existing runways.

Введение

Необходимость организации скоростной, регулярной, круглосуточной перевозки трансферных пассажиров и багажа между Южным (терминалы D, E, F) и Северным (терминалы B, C) терминальными комплексами международного аэропорта Шереметьево впервые была определена «Мастер-планом развития международного аэропорта Шереметьево до 2030 года». Документом запланировано развитие северного сектора аэропорта, пропускная способность которого составит порядка 45 млн человек в год, со-

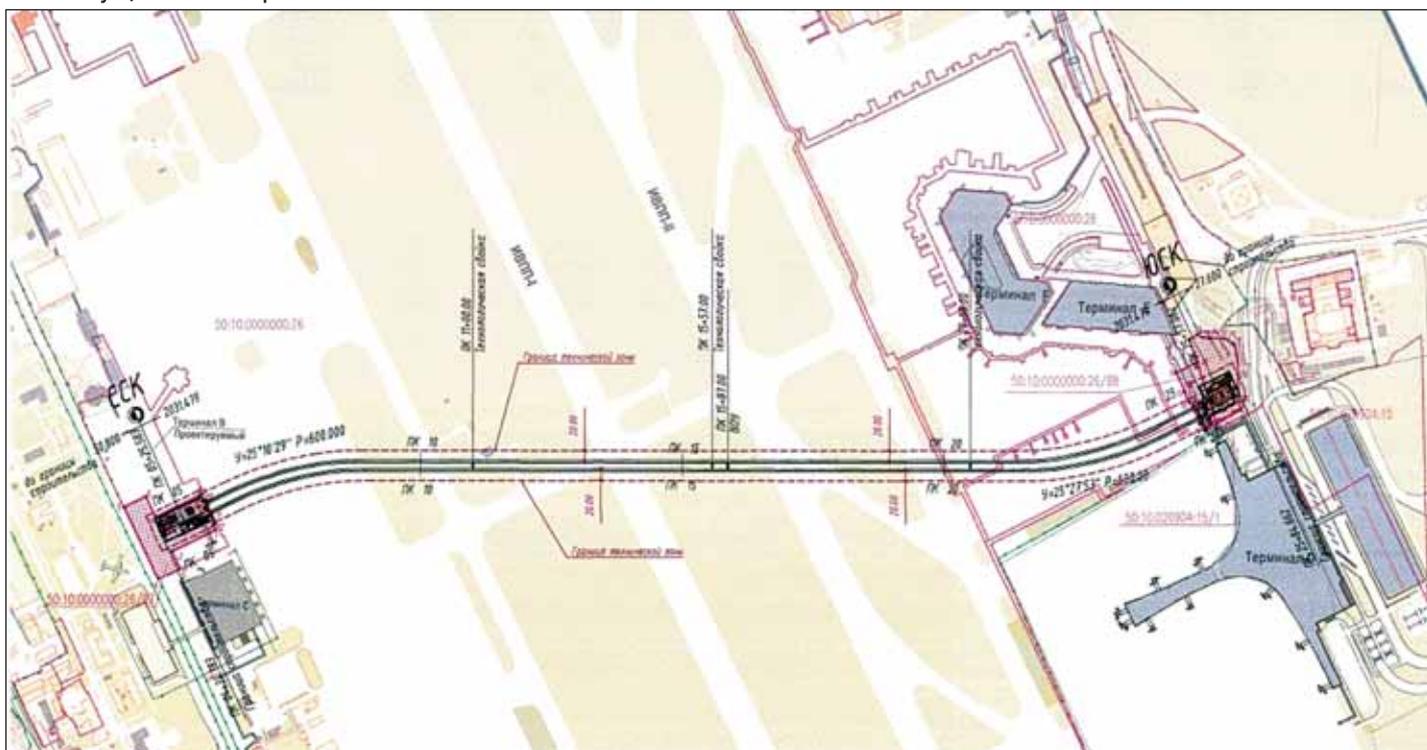
здание второй летной зоны и строительство независимой третьей взлетно-посадочной полосы (ВПП-3). За счет строительства ВПП-3 пропускная способность пассажирских терминалов будет сбалансирована с пропускной способностью аэродрома, что создаст необходимые условия для динамичного развития базовой авиакомпании «Аэрофлот» и других авиаперевозчиков, а также позволит Шереметьево превратиться в крупнейший международный хаб.

В течение 2012–2013 гг. канадской фирмой Vision Transportation Group было разра-

ботано ТЭО комплексного уникального проекта транспортного сообщения между Северным и Южным терминальными комплексами и утвержден тоннельный вариант перехода. На данном этапе ОАО «Минскметропроект» принимало участие в разработке основных технических решений по тоннельному участку объекта.

В начале 2015 г. под техническим руководством «АЙКОМ» по заказу ООО «Межтерминальный переход Шереметьево», французская ADPI подготовила архитектурно-функциональную концепцию перехода, определила

Рис. 1. Ситуационная схема расположения объекта



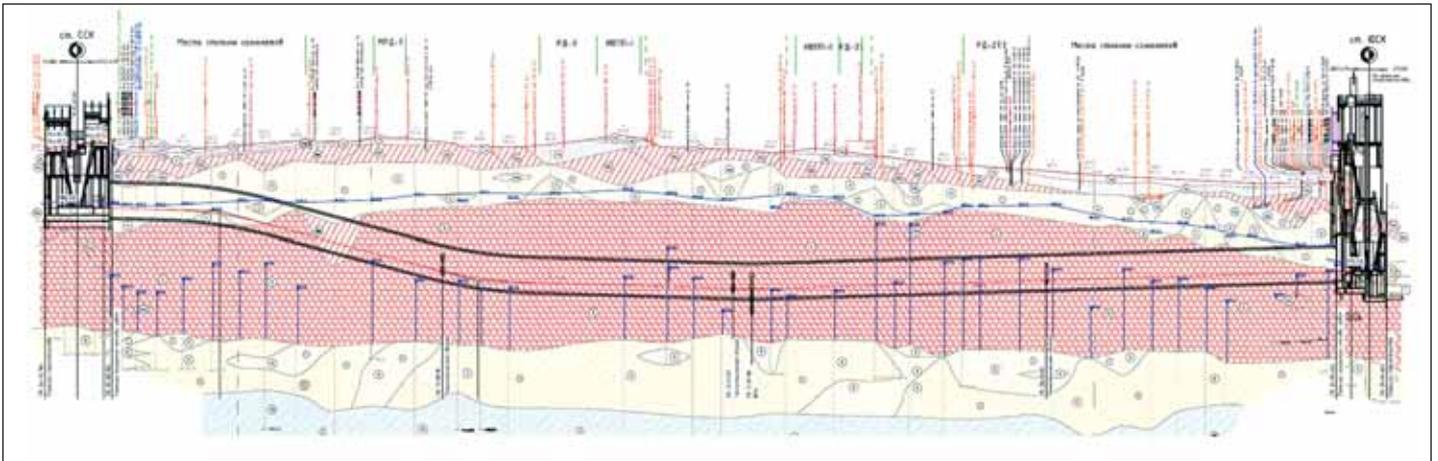


Рис. 2. Продольный профиль тоннельного участка

основные параметры сооружения, пассажиропотоки и объем багажа. Специалистами «АИКОМ» был подготовлен конкурс по выбору фирм-поставщиков основного технологического оборудования, в результате которого определены австрийская Doppelmaut в качестве перевозчика пассажиров и немецкая Veimer для поставки оборудования перевозки багажа.

В июне 2015 г. ОАО «Минскметропроект» в качестве генерального проектировщика приступило к разработке проекта, получившего 29 апреля 2016 г. положительное заключение ГТЭ РФ.

Общая часть

В состав сооружаемого объекта вошли (рис. 1):

- Северный станционный комплекс, расположенный под проектируемым терминалом В на северном терминальном комплексе аэропорта;
- Южный станционный комплекс, интегрированный переходной галереей с терминалами D и E на южном терминальном комплексе;
- тоннельный участок, сооружаемый закрытым способом под действующим аэродромом: два тоннеля щитовой проходки по 1940 м каждый, три технологические сбойки, перегонная водоотливная установка.

Уникальность, сложность, а также отнесение объекта к особо опасным, потребовали разработки и утверждения в установленном порядке Специальных технических условий на проектирование, строительство и эксплуатацию объекта, разработанных специалистами ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» под техническим руководством д. т. н. профессора В. Е. Меркина, а также Специальных технических условий на проектирование и строительство в части обеспечения пожарной безопасности объекта, разработанных ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

Согласованию и утверждению документов предшествовала скрупулезная работа по обоснованию положений норм, в которой принимали участие специалисты ОАО «Минскметропроект», фирм-поставщиков основного технологического оборудования, а также субпроектные организации ООО «Прогрестех» и ООО «НТЦ Пожарные ин-

новации». В рамках разработки СТУ на противопожарную защиту объекта сотрудниками института ВНИИПО была проведена НИОКР по разработке системы противопожарной защиты подземного межтерминального перехода с автоматическими системами перевозки пассажиров и багажа, интегрированного в комплекс аэропорта, получившая высокую оценку «Национальной академии наук пожарной безопасности».

Инженерно-геологические условия строительства

Проектируемые сооружения Южного и Северного станционных комплексов прорезают техногенные отложения, водно-ледниковые суглинки и пески разномерные, суглинки московской стадии оледенения. В основании станционных комплексов залегают полутвердые суглинки с линзами водонасыщенного песка (рис. 2).

Перегонные тоннели залегают:

- большей своей частью в полутвердых суглинках с линзами водонасыщенного песка с включениями до 10 % щебня – под взлетно-посадочными полосами аэродрома,
- в песках средней крупности средней плотности, обводненных – в местах вывода

щита из стартового котлована и ввода в приемный.

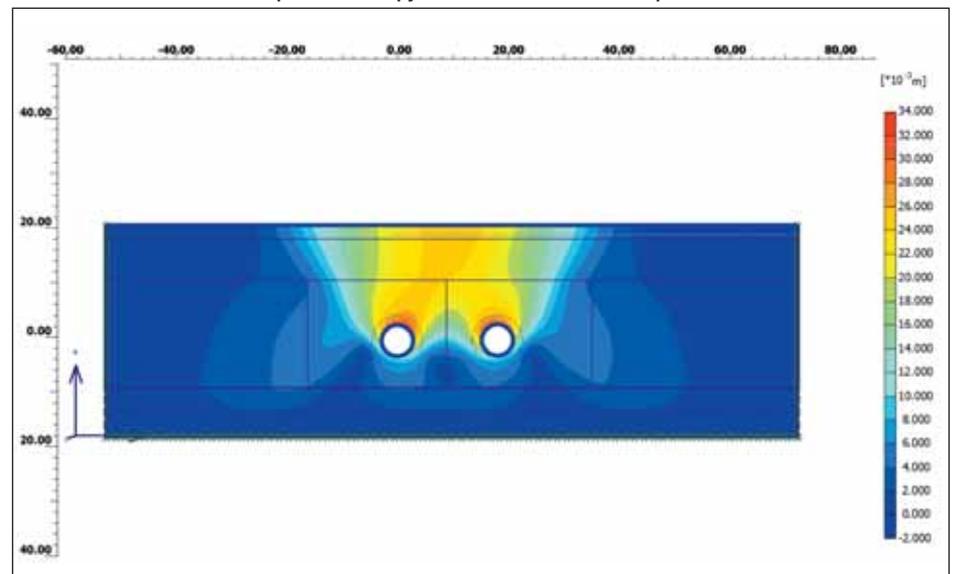
Гидрогеологические условия характеризуются наличием надморенного горизонта (вскрывается на глубинах 5–13 м); напорного надъюрского горизонта (на глубинах 22–32 м) с величиной напора 7–16 м и водопоявлениями в толще моренных суглинков с величиной напора от 0,6 до 5,5 м. Также имеется локальное распространение воды типа «верховодка», проявляющееся на глубине от 1,6 до 3,0 м от поверхности земли.

Подземные воды неагрессивны к бетонам марок W4-W12 и слабоагрессивны к арматуре железобетонных конструкций.

Тоннельный участок

Основной особенностью проекта являлась необходимость сооружения перегонных тоннелей под действующими взлетно-посадочными полосами аэропорта без перерыва их функционирования. Выполненная аналитическая работа по оценке влияния щитовой проходки на работу всего аэропорта позволила с уверенностью заявить о возможности такого строительства. В ходе проектирования был определен целый ряд условий и ограничений:

Рис. 3. Расчетные изополя перемещений грунтового массива в зоне пересечения тоннелями ВПП2



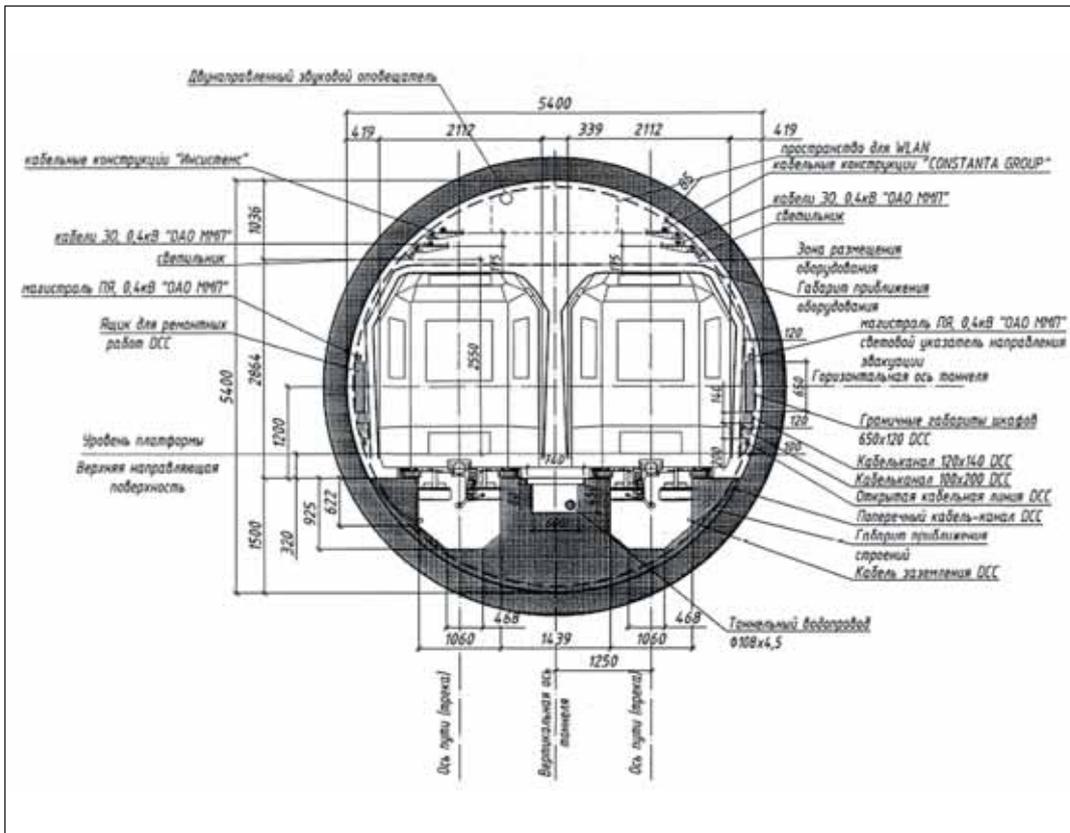


Рис. 4. Технические особенности проекта – тоннель АСПП

- проработано оптимальное залегание тоннелей на участках пересечения ВПП – 16,5 м до шельги тоннеля. Элементы плана и профиля были назначены исходя из технологических требований поставщиков основного оборудования для перевозки пассажиров и багажа;

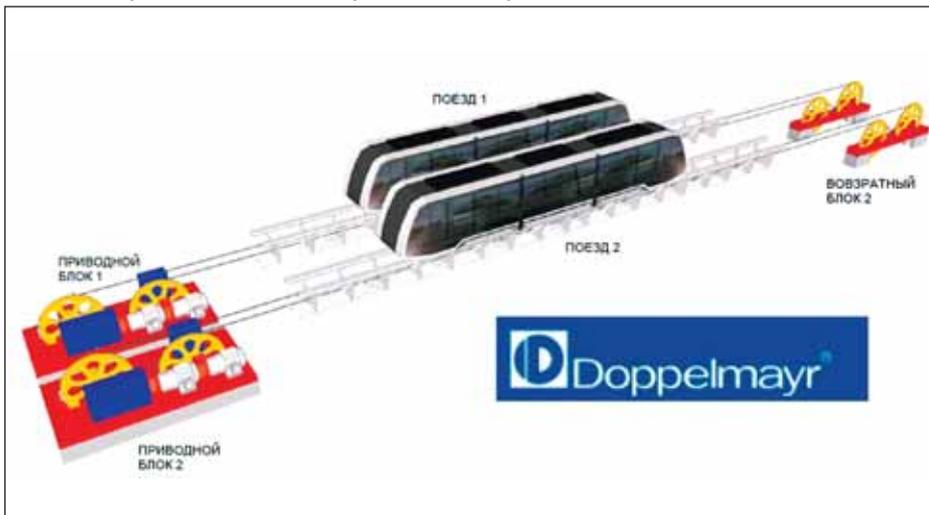
- доказана возможность размещения основного технологического оборудования для перевозки пассажиров и багажа в тоннели внутренним диаметром 5,4 м;

- назначено оптимальное расстояние между тоннелями с учетом взаимного влияния обеих выработок на взлетно-посадочные полосы, рулежные дорожки и места стоянок воздушных судов – 16 м между осями тоннелей;

- определена минимальная толщина тоннельной обделки – 300 мм, исходя из условий нагрузки от перспективных воздушных судов на участках тоннелей с минимальным залеганием под мстами стоянок. Расчет тоннельного участка производился в объемной постановке методом конечных элементов с использованием программно-расчетных комплексов Plaxis 3D Tunnel и Midas GTS NX;

- выбрано местоположение притоннельных сооружений исходя из условий минимального влияния на элементы летного поля – в зоне, свободной от аэродромных покрытий. Сооружение технологических сбоек и перегонной водоотливной установки предусмотрено в суглинках полу-

Рис. 5. Схема размещения системы перевозки пассажиров



твердых под защитой экрана из труб, после завершения основных тоннелепроходческих работ. При этом в расчетах тоннельной обделки на участках смежных с притоннельными сооружениями учитывалось возникновение дополнительных усилий в результате изменения структуры грунтового массива в условиях выполнения работ горным способом;

- назначено основное проходческое оборудование, при помощи которого возможно подобное строительство – современные механизированные тоннелепроходческие комплексы с грунтопригрузом забоя. В связи со сжатыми сроками строительства, проходку решено было осуществлять двумя ТПМК;

- проектом определено безопасное отставание щитов при проходке на участке пересечения взлетно-посадочных полос – 250 м между забоями при средней скорости проходки 250 м/месяц.

Расчетным путем при использовании различных программных комплексов определена максимально возможная просадка поверхности аэродромных покрытий исходя из пессимистичного прогноза ведения тоннелепроходческих работ (частичное опьывание заобделочного массива, связанного с конусностью оболочки щита и возможной неполнотой выполнения нагнетания). При моделировании задачи учтена фактическая конструкция аэродромных покрытий, разрезанных швами, а также нагрузка от воздушных судов (рис. 3). Прогнозные деформации были «наложены» на фактические профили взлетно-посадочных полос и рулежных дорожек, сопоставлены с допустимыми для элементов аэродрома и сделаны выводы о соответствии суммарных неровностей требованиям норм годности, применяемых для оценки аэродромов.

Результаты аналитической работы нашли отражение в виде требований к допустимым деформациям аэродромных покрытий в соответствующем разделе СТУ на проектирование, строительство и эксплуатацию объекта. Кроме того, в составе проекта был разработан раздел «Наблюдательная станция», в котором на основании расчетных мульд сдвига поверхности определены требования к осуществлению мониторинга в режиме «онлайн» при проходческих работах и сооружении котлованов.

Один из тоннелей перехода (тоннель АСПП) предназначен для размещения Автоматизированной системы перевозки пассажиров. В нем располагаются два параллельных пути для передвижения подвижных составов типа фуникулер (рис. 4).

Таблица

Технико-экономические показатели

Наименование показателя	Величина показателей
1. Вид строительства	Новое с элементами реконструкции действующих систем аэропорта
2. Общая площадь, м ² : - Северный станционный комплекс - Южный станционный комплекс	13 962,0 14 407,0
3. Строительный объем, м ³ : - Северный станционный комплекс - Южный станционный комплекс	69 580,0 85 711,0
4. Максимальная высота здания, м	21,0
5. Строительная длина объекта в двухпутном исчислении, м	2109,88
6. Эксплуатационная длина системы АСПП, м	2031,48
7. Длина тоннелей, м: - АСПП - АСПБ	1937,7 1938,2
8. Количество технологических сбоек, шт.	3
9. Пропускная способность линейного объекта, млн. пасс. в год: - в общедоступной зоне - в зоне дополнительных режимных ограничений	5,1 6,0
10. Количество станционных комплексов (ССК и ЮСК), шт.	2
11. Общая длина / ширина платформы, м/м: - Северный станционный комплекс - Южный станционный комплекс	46,26 / 17,2 42,3 / 17,2
12. Тип подвижного состава	Вагон фуникулера SVO Doppelmayr Cable Car
13. Количество составов / количество вагонов в составе, шт.	2 / 4
14. Количество пассажиров в составе, чел.	108
15. Максимальная скорость, м/с	14,0

ями систем АСПП и АСПБ, а также к элементам плана и профилю тоннелей.

Сооружение станционных комплексов

Разработка объемно-планировочных решений по станционным комплексам велась в соответствии с требованиями раздела проекта по технологии перемещения пассажиров и багажа, с учетом требований международного аэропорта Шереметьево, эксплуатирующей организации, таможенной и пограничной службы. Технологическая часть проекта выполнена специалистами компании ООО «Прогрестех» Департамент проектирования на высоком профессиональном уровне, получила согласие всех контролирующих и эксплуатирующих служб и высокую оценку заказчика.

В состав Северного станционного комплекса входят располагаемые ниже поверхности земли сооружения в составе: северная станция с пассажирской платформой АСПП, обводной станцией АСПП и багажной зоной АСПБ, а также инженерно-технические, служебные и бытовые помещения, трансформаторная подстанция, камеры тоннельной вентиляции и водоотливной установки. ССК полностью распо-

ложен под проектируемым зданием нового терминала В. Конструкции ССК сооружаются в котловане после монтажа в нем обоих тоннелепроходческих комплексов и начала проходки в сторону ЮСК. Ограждающие конструкции ССК сооружаются способом «стена в грунте» с заглублением в слой водоупорного грунта во избежание устройства водопонижения. Крепление предусмотрено грунтовыми анкерами с продольными распределительными поясами и подкосами в зоне старта щитов, упирающимися на монолитную плиту старта щитов.

Параллельно с проходкой тоннелей предусмотрено сооружение внутренних несущих конструкций станционного комплекса с оставлением технологического проема 24×48 м для обеспечения ведения проходческих работ. Необходимость сооружения ускоренными темпами внутренних несущих конструкций обусловлена сроками строительства терминала В, для которого ССК служит основанием.

В состав Южного станционного комплекса входят павильон, расположенный выше поверхности земли, включающий наземные пассажирские помещения станционного комплекса и часть реконструируе-

мого пассажирского надземного перехода, соединяющего терминал D с железнодорожной станцией Аэроэкспресса и терминалами E, F. Южный станционный комплекс (ЮСК) объединяется с терминалами D и E при помощи подземного тоннеля и надземной пешеходной галереи.

Кроме того, в состав ЮСК входят заглубленные сооружения: южная станция с пассажирской платформой АСПП, приводной станцией АСПП, пунктом технического обслуживания АСПП, диспетчерским пунктом АСПП, шахтой технологического доступа с поверхности системы АСПП, а также соединительная камера между проектируемым тоннелем АСПБ и существующим багажным тоннелем, инженерно-технические, служебные и бытовые помещения, трансформаторная подстанция, камеры тоннельной вентиляции и водоотливной установки.

Сооружение ЮСК выполняется с учетом демонтажа тоннелепроходческих комплексов в котловане.

Важным вопросом, проработанным в проектной документации, было решение о сооружении Южного станционного комплекса в условиях стесненной застройки на участке между зданием действующего терминала E, пешеходной галереи между терминалами D и E, автомобильной подъездной эстакады к терминалу D. Для оценки влияния строительства на здания и сооружения были произведены ряд итерационных расчетов в объемной постановке методом конечных элементов с использованием программно-расчетного комплекса Midas GTS NX. Итоговые решения, обеспечивающие допустимые деформации фундаментов с учетом данных по их обследованию, нашли свое отражение в проекте: глубина заложения ограждающей «стены в грунте», шаг и длина анкерной крепи, количество и схема установки трубчатых подкосов, объем закрепительной цементации оснований фундаментов для пешеходной галереи и части фундаментов терминала E.

ПОСом определен общий срок строительства объекта: с учетом средней скорости ведения проходческих работ для каждого ТПМК 250 м/месяц он составит 26,5 месяцев, в том числе 7 месяцев пусконаладочные работы.

Ключевые слова

Тоннель, щитовая проходка, уникальный проект, межтерминальный переход.

Tunnel, shield driving, a unique project, interterminal transition.

Для связи с авторами

Степанов Роман Анатольевич
archiroman@mail.ru
Полищук Виктор Петрович
V.Polischuk@metropr.by
Чеканов Павел Валерьевич
Pavel_Chekanov@metropr.by



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

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



ОАО «НЬЮ ГРАУНД»

www.new-ground.ru

info@new-ground.ru



МЕТОДИКА УСТРОЙСТВА АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ В СЕЗОННО ПРОМЕРЗАЮЩИХ ГРУНТАХ

METHOD OF CONSTRUCTION THE SHALLOW LOCATED VEHICULAR TRAFFIC TUNNEL IN THE SEASONALLY FREEZING SOILS

О. В. Третьякова, аспирант кафедры автомобильных дорог и мостов Пермского национального исследовательского политехнического университета

O. V. Tretyakova, graduate student of «Automobile roads and bridges» Department, Perm National Research Polytechnic University

Предметом исследования являются автодорожные тоннели мелкого заложения в сезонно промерзающих грунтах. Одной из основных причин достижения конструкциями мелко заглубленных тоннелей предельных состояний по прочности и устойчивости положения является такое опасное природное явление, как морозное пучение грунтов. Целью данной работы является снижение негативного влияния сил морозного пучения на тоннели мелкого заложения. Предложена методика защиты тоннеля от влияния промерзающего грунта свайным фундаментом. Разработана конструкция буронабивной сваи с верхним обратным конусом, позволяющая частично нейтрализовать касательные силы морозного пучения за счет вертикальной составляющей сил пучения, действующих по нормали к боковой поверхности сваи. Использование метода приведет к повышению долговечности сооружений, к уменьшению стоимости их возведения и эксплуатации.

The subject of the study is the shallow located vehicular traffic tunnels in the seasonally freezing soils. One of the main reasons for achieving by shallow located vehicular traffic tunnels the limit states in strength and sustainability of the provisions is such a dangerous natural phenomenon, as the frost heave of soil. The aim of this work is to reduce the negative impact of the forces of frost heaving on shallow tunnels. Method of protection the tunnel from the influence of the freezing soil pile foundation is proposed. The inverted-cone bored pile is designed. The pile allows partially neutralize tangential forces of frost heaving owing to the appearance the components of frost heaving force, acting normal to the lateral surface of the pile. Using the method will lead to greater durability structures, to reduce the cost of their construction and operation.

На сегодняшний день сохранение работоспособности транспортной системы является актуальной проблемой, отраженной в документах Правительства Российской Федерации [1], [2].

За последние годы возрастающее значение, как для гражданской застройки, так и для промышленного комплекса страны, приобретают мелко заглубленные тоннели. Тоннельные коммуникации мелкого заложения являются предметом пристального внимания ученых-исследователей, проектировщиков, строителей и эксплуатирующих организаций. Предпочтение тоннелям мелкого заложения отдается как в стесненных условиях реконструкции исторических центров городов, так и при проектировании новых автодорожных коммуникаций на свободной от застройки территории. Это объясняется снижением приведенных затрат и капитальных вложений на мелко заглубленные тоннельные сооружения вследствие уменьшения объема земляных работ, материало- и энергоемкости, грузооборота, стоимости обслуживания после ввода в эксплуатацию. Кроме того, проектирование тоннелей мелкого заложения оправдывается повышением уровня комфортности пассажиров при пользовании транспортными коммуникациями, не требующи-

ми спуска на большую глубину. Технично-экономические и социальные преимущества тоннелей мелкого заложения очевидны.

Транспортное строительство – отрасль повышенной опасности. Тоннельных сооружений это касается в первую очередь, так как они расположены ниже дневной поверхности, вне обзора и находятся под постоянным влиянием окружающего их грунта. Эти условия повышают вероятность нарушения целостности и аварий сооружений, что создает опасность для жизни и здоровья людей, а также увеличивает эксплуатационные расходы.

С позиции федерального закона ФЗ № 384 критерием проектирования безопасных сооружений является недопущение ни одного из признаков предельных состояний конструкций, прежде всего путем учета опасных природных процессов [3].

В связи с большой протяженностью территории Российской Федерации климатические и гидрогеологические условия ее регионов различны. Наиболее сложными являются условия Урала и Сибири. Значительные массивы глинистых грунтов, обводненность территорий, длительный период отрицательных температур создают условия для возникновения опасного природного процесса – морозного пучения грунтов. Силы мороз-

ного пучения, вызывая неравномерный подъем оснований, служат причиной нарушения целостности автодорожных сооружений в холодных районах. Кроме того, следует принимать во внимание дополнительную нагрузку от касательных сил пучения, возникающих при смерзании грунтов со стенами тоннеля при отсутствии защитных мероприятий. Вместе с этим заметим, что конструкция тоннеля является малонагруженной, так как её вес, включая засыпку и нагрузку от дорожного покрытия, значительно меньше веса грунта, взятого в объеме сооружения. Эти факторы требуют учета влияния сил морозного пучения грунтов, не уравновешенных внешней нагрузкой, при проектировании. Необходимость учета влияния сил пучения усложняет процесс проектирования и возведения автодорожных коммуникаций, удорожает их эксплуатацию.

Взаимодействие заглубленных сооружений с пучинистым грунтом недостаточно освещено в нормативной литературе, и эта проблема остается актуальной темой исследований.

Изучением влияния сил морозного пучения на тоннели мелкого заложения занимались многие ученые, в их числе – Р. Ш. Абжалимов, О. Р. Голли, В. Д. Карлов.

В. Д. Карлов пишет о многочисленных авариях и повреждениях легких сооружений мелкого заложения, возводимых на сезонно промерзающих грунтах. Автор считает, что причиной этому служит слабая проработка в нормативной и технической литературе вопросов напряженно-деформированного состояния мелко заглубленных конструкций в промерзающем грунте [4].

О. Р. Голли в своих работах отмечает, что в суровых климатических условиях в зимний период под воздействием холодного фронта со стороны дневной поверхности и градиента температур в тоннелях устанавливается отрицательная температура, окружающий грунт промерзает, возникает опасность нарушения целостности конструкций сооружения под влиянием сил морозного пучения грунта [5].

Р. Ш. Абжалимов дает теоретические и экспериментальные обоснования наличия напряжений морозного пучения под тоннельными сооружениями [6].

Изучению закономерностей возникновения сил морозного пучения вокруг тоннелей посвящен ряд работ европейских исследователей [7], [8].

Таким образом, негативное влияние промерзающего грунта на тоннели мелкого заложения подтверждается многочисленными исследованиями российских и зарубежных авторов. Поскольку конструкция тоннеля является малонагруженной и силы морозного пучения не компенсируются внешней нагрузкой, конструктивные элементы тоннеля требуют защиты от влияния промерзающего грунта.

Несмотря на многочисленные разработки, тема защиты тоннелей мелкого заложения от морозного пучения грунта требует дальнейшего развития, направленного на повышение практической применимости полученных результатов.

В связи с этим предметом проведенного автором исследования стали автодорожные тоннели мелкого заложения, эксплуатируемые в сезонно

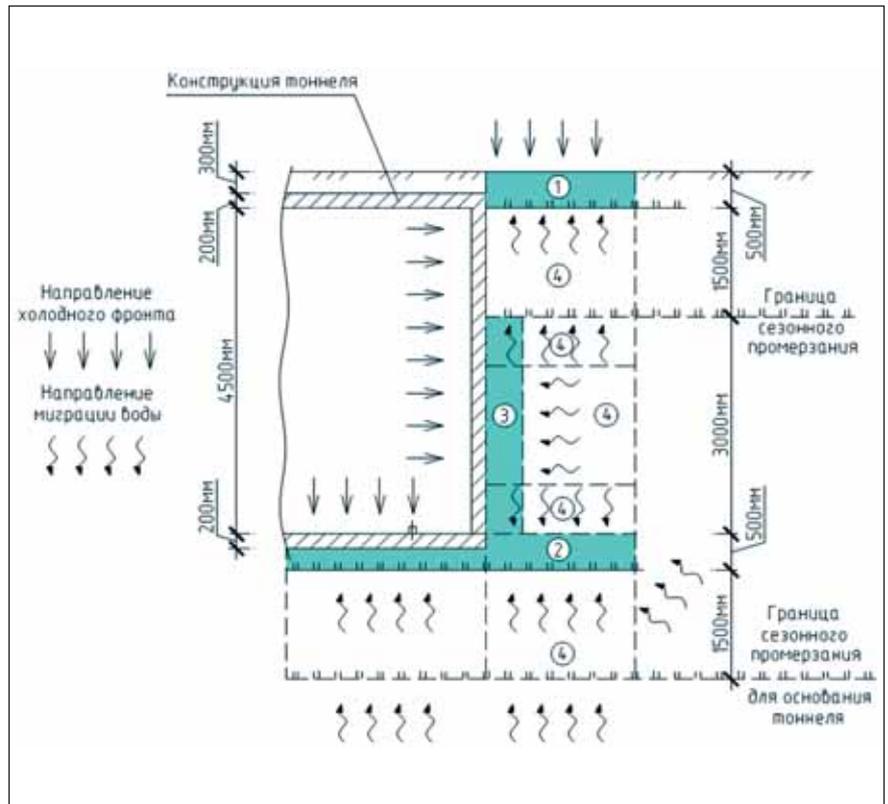


Рис. 1. Зоны промерзания грунта вокруг тоннеля: 1 – верхняя зона; 2 – нижняя зона; 3 – средняя зона; 4 – талая зона

промерзающих глинистых грунтах, подверженных морозному пучению.

Целью работы является снижение влияния промерзающего грунта на тоннели мелкого заложения, возводимые в суровых климатических условиях. Для достижения этой цели решались задачи нейтрализации сил морозного пучения, действующих на тоннели, с одновременной минимизацией затрат на возведение и эксплуатацию сооружений.

Автором данной работы был проведен анализ взаимодействия автодорожного тоннеля мелкого заложения с промерзающим грунтом, оценка величин действующих на сооружение сил морозного пучения [9], [10]. По результатам исследования выявлено, что характер промерзания грунта вокруг тоннеля обусловлен распределением холодных фронтов и материалом сооружения. Характерные зоны промерзания вокруг тоннеля мелкого заложения показаны на рис. 1.

Средняя часть стены тоннеля мелкого заложения (зона 3 на рис. 1) находится в окружении грунта, который при промерзании отличается низким уровнем миграционной влаги за счет отвлечения ее в зоны интенсивного промерзания (1) и (2). Касательные напряжения пучения на участке (3), согласно проведенным расчетам, незначительны и могут быть нейтрализованы применением обратной засыпки сухим непучинистым грунтом.

В нижней части стены и под основанием тоннеля (зона 2 на рис. 1) выявлены силы пучения наибольшей интенсивности, требующие разработки расчетно-конструктивных мероприятий по их снижению.

Конструктивная схема тоннеля показана на рис. 2.

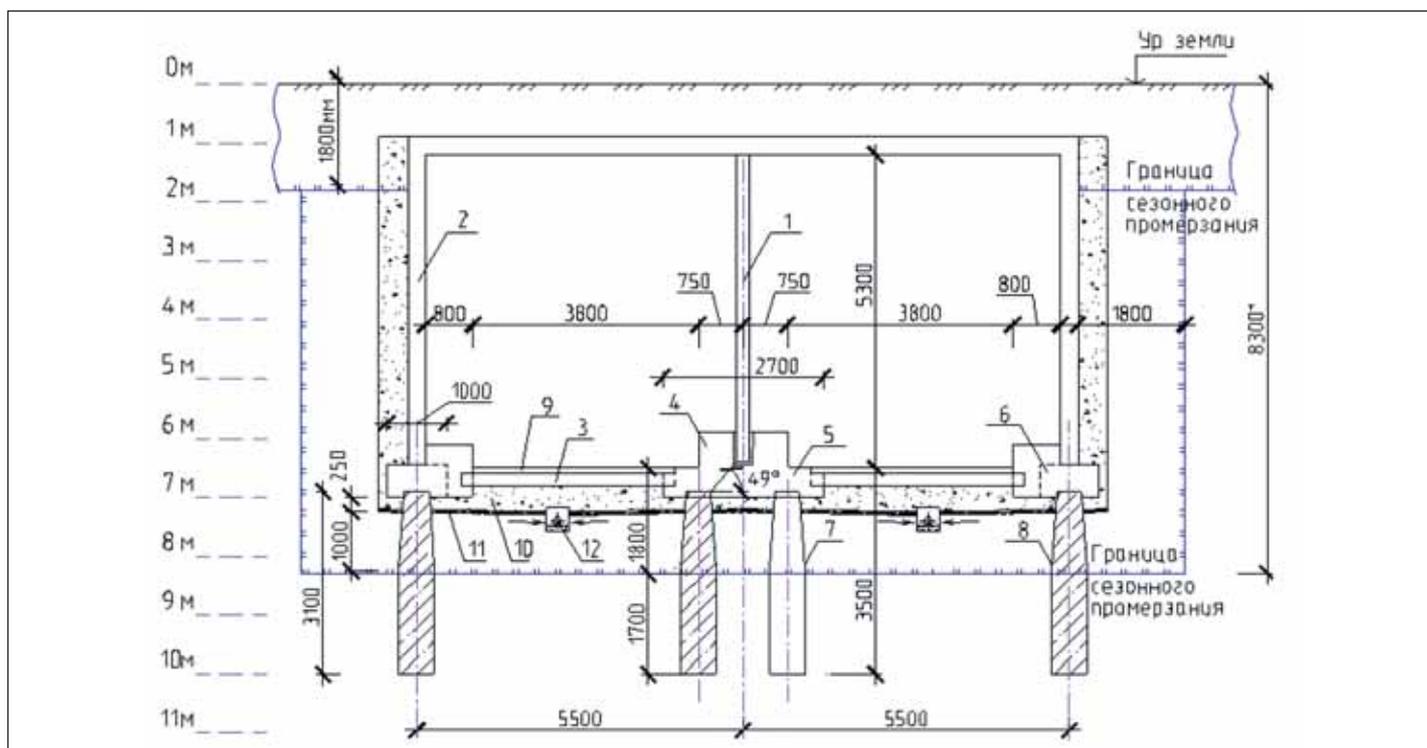


Рис. 2. Конструктивная схема тоннеля мелкого заложения: 1 – колонна; 2 – стена тоннеля; 3 – дорожные плиты; 4 – разделительная полоса; 5 – свайный ростверк среднего ряда; 6 – свайный ростверк крайнего ряда; 7 – свая среднего ряда; 8 – свая крайнего ряда; 9 – дорожное покрытие; 10 – подсыпка из песчано-гравийной смеси; 11 – георешетка; 12 – дренажная труба

Для восприятия сил морозного пучения под основанием тоннеля автором исследования были применены свайные фундаменты, которые в альтернативу конструкциям «стена в грунте» более экономичны по расходу материалов и объему земляных работ. В общем случае свайные фундаменты ней-

трализуют касательные силы пучения за счет трения по боковой поверхности сваи, расположенной в талом грунте. Это неэффективно, так как требует значительной длины свай. Уменьшение длины свай возможно при снижении сил пучения за счет оптимизации конструктивного решения

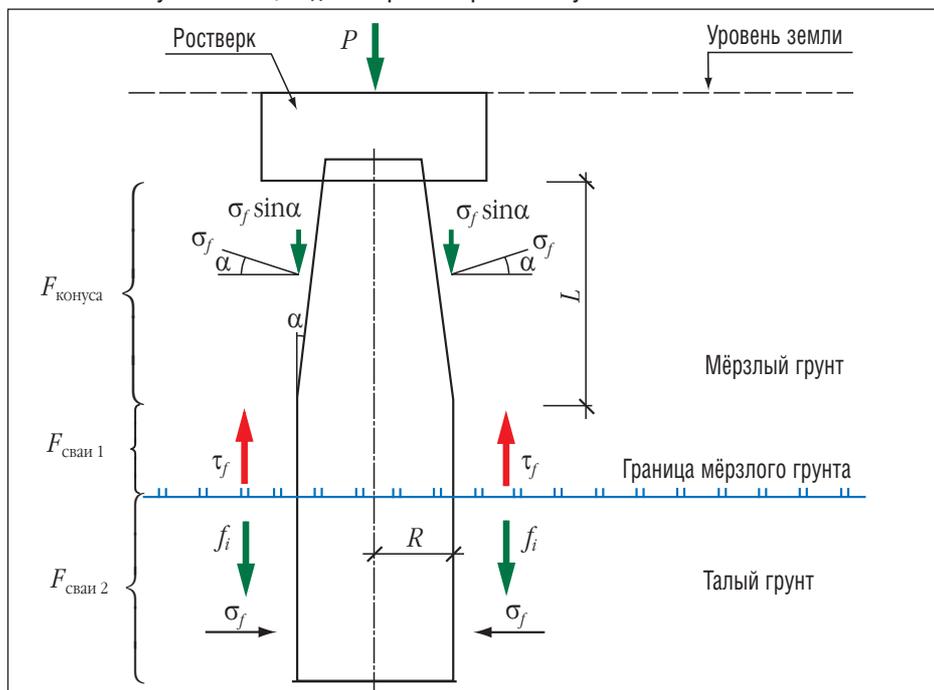
свай, в частности их формы. Исследования в этой области перспективны, но недостаточны для практического применения и требуют дальнейшего развития.

Автодорожный тоннель мелкого заложения, показанный на рис. 2, имеет следующую конструкцию. Средний ряд колонн, разделительная полоса и стены тоннеля опираются на свайные фундаменты. Проезжая часть тоннеля устраивается по дорожным плитам, опертым на свайные ростверки колонн и стен. Под дорожными плитами выполняется дренажирующая подсыпка из щебня крупной фракции или песчано-гравийной смеси без уплотнения с уклоном в сторону дренажных труб [11], [12]. Вода из труб попадает в дренажную систему или направляется в дренажные колодцы, устанавливаемые вдоль трассы тоннеля. Для защиты подсыпки от заиливания предусматривается георешетка.

Методика защиты конструкции тоннеля (см. рис. 2) от сил морозного пучения, развивающихся в нижней части стены и под основанием сооружения, заключается в следующем. Дорожные плиты, выполненные на дренажирующей подсыпке, опираются на ростверки колонн и стен. Тем самым плиты проезжей части освобождаются от влияния нормальных сил морозного пучения под днищем тоннеля. Все постоянные и временные нагрузки, а также усилия от морозного пучения грунта, действующие на тоннель, воспринимают свайные фундаменты разработанной конструкции, устойчивые к действию сил морозного пучения.

Конструкция предложенной буронабивной сваи выполнена с верхним обратным конусом, имеющим расчетные геоме-

Рис. 3. Конструкция и расчетная схема сваи с верхним обратным конусом: τ_f – касательные силы морозного пучения, действующие на участке сваи, расположенном в мерзлом грунте; P – сумма внешней постоянной нагрузки и собственного веса сваи; f_i – силы трения по боковой поверхности сваи в талой зоне; $\sigma_f \sin \alpha$ – составляющая нормальных сил пучения в пределах обратного конуса, расположенного в мерзлом грунте; $F_{\text{конуса}}$, $F_{\text{свай 1}}$, $F_{\text{свай 2}}$ – площади поверхностей указанных на схеме участков сваи; L – длина верхнего обратного конуса сваи



трические параметры. Конструктивное решение и расчетная схема сваи показаны на рис. 3.

Критерием оценки устойчивости сваи к действию сил морозного пучения является величина подъема сваи – вертикального перемещения. Подъем свайного фундамента при морозном пучении грунта происходит преимущественно за счет касательных сил, формирование которых определяется силами смерзания грунта с боковой поверхностью фундамента. Развивающиеся вокруг сваи силы пучения стремятся переместить сваю вверх. При этом происходит сдвиг мерзлого грунта относительно фундамента. Статические связи смерзания грунта с фундаментом нарушаются. Возникают динамические связи сваи с грунтом, определяемые сопротивлением смещению слоя мерзлого грунта относительно сваи – касательными силами пучения.

Главная идея и научная новизна исследования заключается в преобразовании сил морозного пучения, действующих по нормали к боковой поверхности сваи, в позитивные силы, удерживающие сваю в грунте при ее выдергивании касательными силами пучения. Кроме того, буронабивная свая более технологична, чем сборная, при устройстве протяженных тоннельных линий, часто отдаленных от промышленных участков производства сборных железобетонных элементов.

Для оценки показателей разработанной сваи проведены теоретические и экспериментальные исследования.

Экспериментальными исследованиями в свае с верхним обратным конусом в пределах конической части выявлена вертикальная составляющая сил морозного пучения, действующих по нормали к боковой поверхности сваи. Составляющая сил пучения возникает за счет наклона поверхности верхней конусной части сваи и удерживает сваю от подъема касательными силами морозного пучения. Кроме того, в конусном элементе при действии касательных сил морозного пучения развивается реактивный отпор грунта, также предотвращающий подъем сваи.

По результатам эксперимента также отмечено, что кроме перечисленных основных факторов в формировании напряженно-деформированного состояния сваи с верхним обратным конусом принимают участие еще ряд явлений. Так, при выдергивании сваи с обратным конусом некоторый объем грунта над ней в виде усеченного конуса выпирания перемещается вверх вместе со свайей. Этот фактор также оказывает на сваю удерживающее влияние. Неучтенные в расчете нагрузки от конуса выпирания; силы сопротивления грунта отрыву, действующей по его боковой поверхности, создают некоторый запас прочности для сваи с обратным конусом.

По результатам аналитического расчета получена формула для вычисления угла наклона конуса сваи, оптимального для восприятия сил морозного пучения. Угол наклона конуса подбирается таким образом, чтобы вертикальная удерживающая составляющая нормальных сил пучения соответствовала той части выдергивающих касательных сил, которые не компенсируются внешней нагрузкой на сваю и ее собственным весом. Величина удерживающей составляющей вычисляется из условия равновесия сваи в грунте при ее выдергивании касательными силами морозного пучения.

Уравнение равновесия сваи в грунте:

$$\tau_f \cdot F_{\text{конуса}} + \tau_f \cdot F_{\text{св.1}} - f_i \cdot F_{\text{св.2}} - P - \sigma_f \cdot \sin \alpha \cdot F_{\text{конуса}} = 0, \quad (1)$$

где σ_f – нормальное напряжение морозного пучения грунта на боковой поверхности сваи;

τ_f – касательное напряжение морозного пучения грунта, оказывающее на сваю выдергивающее действие;

f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта на боковой поверхности ствола сваи в талом грунте, оказывающее на сваю удерживающее действие;

P – сумма внешней нагрузки и собственного веса сваи;

$F_{\text{св.1}}$ – площадь боковой поверхности сваи в мерзлом грунте без учета конуса;

$F_{\text{св.2}}$ – площадь боковой поверхности сваи в талом грунте;

$F_{\text{конуса}}$ – площадь боковой поверхности конусной части сваи;

α – угол наклона боковой поверхности конусной части сваи.

Преобразуем выражение (1):

$$\tau_f \cdot F_{\text{конуса}} - (-\tau_f \cdot F_{\text{св.1}} + f_i \cdot F_{\text{св.2}} + P) - \sigma_f \cdot \sin \alpha \cdot F_{\text{конуса}} = 0, \quad (2)$$

Обозначим выражение в скобках через d :

$$d = -\tau_f \cdot F_{\text{св.1}} + f_i \cdot F_{\text{св.2}} + P, \quad (3)$$

После подстановки (3) выражение (2) примет вид:

$$\tau_f \cdot F_{\text{конуса}} - \sigma_f \cdot \sin \alpha \cdot F_{\text{конуса}} - d = 0, \quad (4)$$

Площадь конуса предварительно определим, исходя из двух допущений:

- 1) $F_{\text{конуса}} = 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{ср}} \cdot L$,
- 2) $\text{tg} \alpha \approx \sin \alpha$.

Радиус конуса в среднем сечении по рис. 4 составит:

$$r_{\text{ср}} = \frac{R+r}{2} = \frac{R+(R-x)}{2} = \frac{2 \cdot R - x}{2} = R - 0,5 \cdot x = R - 0,5 \cdot L \cdot \sin \alpha,$$

где $\text{tg} \alpha = x/L$, $x = L \cdot \text{tg} \alpha = L \cdot \sin \alpha$.

Тогда площадь конуса:

$$F_{\text{конуса}} = 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{ср}} \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot L (R - 0,5 \cdot L \cdot \sin \alpha) = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot R - \pi \cdot L^2 \cdot \sin \alpha. \quad (5)$$

Выражение (4) после подстановки $F_{\text{конуса}}$ (5) и дальнейшего преобразования примет вид квадратного уравнения (6):

$$\sigma_f \cdot \pi \cdot L^2 \cdot \sin^2 \alpha + (-\sigma_f \cdot 2 \cdot \pi \cdot L \cdot R - \tau_f \cdot \pi \cdot L^2) \cdot \sin \alpha + (\tau_f \cdot 2 \cdot \pi \cdot L \cdot R - d) = 0, \quad (6)$$

где L – длина верхнего обратного конуса сваи;

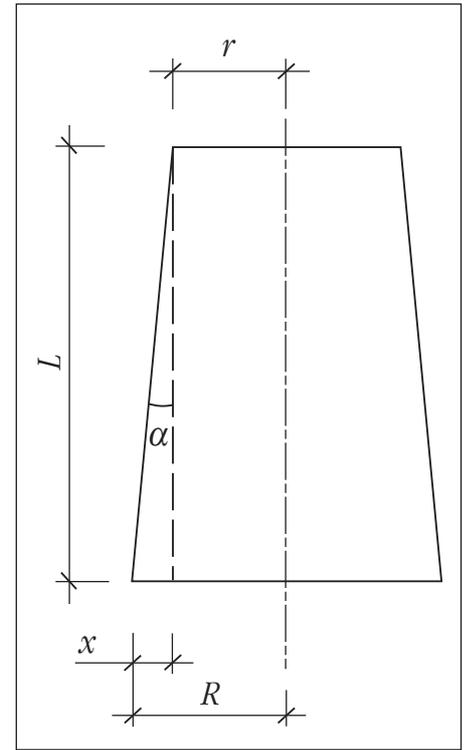


Рис. 4. Схема к определению площади конуса

R – больший радиус верхнего обратного конуса.

Параметры квадратного уравнения:

$$a = \sigma_f \cdot \pi \cdot L^2, \\ b = \sigma_f \cdot 2 \cdot \pi \cdot L \cdot R - \tau_f \cdot \pi \cdot L^2, \\ c = \tau_f \cdot 2 \cdot \pi \cdot L \cdot R - d = 0, \\ D = b^2 - 4 \cdot a \cdot c.$$

Дискриминант квадратного уравнения после преобразования примет вид:

$$D = \tau_f^2 \cdot \pi^2 \cdot L^4 + 4 \cdot \sigma_f^2 \cdot \pi \cdot L^2 \cdot (\sigma_f \cdot \pi \cdot R^2 - \tau_f \cdot \pi \cdot L \cdot R + d).$$

Корнями уравнения будет $\sin \alpha$ – синус угла наклона верхнего обратного конуса сваи, необходимый для выполнения условия равновесия сваи в грунте:

$$x_{1,2} = \sin \alpha = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2 \cdot a}, \quad (7)$$

$$x_2 = \sin \alpha = \frac{2 \cdot \sigma_f \cdot \pi \cdot L \cdot R + \tau_f \cdot \pi \cdot L^2}{2 \cdot \sigma_f \cdot \pi \cdot L^2}$$

$$\frac{\sqrt{\tau_f^2 \cdot \pi^2 \cdot L^4 + 4 \cdot \sigma_f^2 \cdot \pi \cdot L^2 \cdot (\sigma_f \cdot \pi \cdot R^2 - \tau_f \cdot \pi \cdot L \cdot R + d)}}{2 \cdot \sigma_f \cdot \pi \cdot L^2}, \quad (8)$$

По формуле (8) для глинистых грунтов определены углы наклона обратного конуса от 5 до 10 градусов. Правильно подобранные геометрические параметры верхнего конуса сваи создают условия для формирования комплекса удерживающих сил, превышающего сумму выдергивающих нагрузок, позволяя обеспечить целостность надфундаментных конструкций.

Технологически буронабивная свая с верхним обратным конусом устраивается при помощи обсадной трубы, имеющей верхнюю часть конической формы с меньшим основанием на дневной поверхности. Обсадная труба погружается в скважину, устанавливается в проектное положение ар-

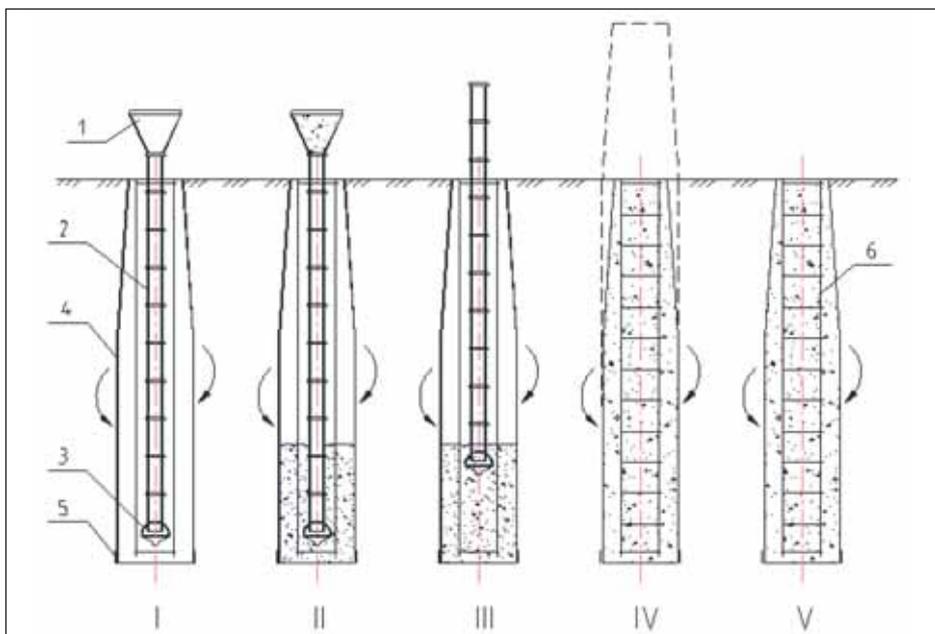


Рис. 5. Последовательность операций при бетонировании сваи: I – выполнение скважины и установка бетонолитной трубы; II – бетонирование сваи; III – извлечение бетонолитной трубы; IV – извлечение обсадной трубы; V – готовая свая; 1 – приемный бункер для бетонной смеси; 2 – бетонолитная труба; 3 – прибор для контроля качества укладки бетонной смеси; 4 – обсадная труба; 5 – режущий наконечник обсадной трубы; 6 – арматурный каркас

матурный каркас, опускается бетонолитная труба, производится бетонирование за один проход с применением вибраторов. После выемки бетонолитной трубы обсадная труба остается в скважине на период набора бетоном сваи распалубочной прочностью. Затем обсадная труба извлекается. Производится обратная засыпка верхнего конуса с послойным уплотнением. В силу конструктивных особенностей сваи обратная засыпка производится местным грунтом и не требует доставки сухого непучинистого грунта.

Узким местом данного метода являются возможные затруднения с извлечением обсадной трубы по причине сцепления твердеющей бетонной смеси с ее внутренними поверхностями. Эти проблемы решаются нанесением на внутренние поверхности обсадной трубы разделительных составов и смазок, предотвращающих адгезию бетонной смеси с материалом трубы. До начала работ необходимо провести соответствующую подготовку внутренней поверхности обсадных труб. Для предотвращения адгезии бетонной смеси к обсадной трубе используются различные смазки: смазка технологическая «Krystal M22» (компания MasProm); смазочные средства от немецкой компании «Elaskon Sachsen GmbH & Co.KG», композитный материал АХС-0028МР (германская фирма РЕМСО) и др.

Данный вариант позволяет совмещать технологические операции по защите стенок скважины и устройству опалубки для обратного конуса. Последовательность технологических операций по устройству сваи с верхним обратным конусом показана на рис. 5.

Заключение

Методом защиты автодорожных тоннелей мелкого заложения в холодных районах от влияния промерзающего грунта является применение свай разработанной конструкции с повышенным сопротивлением выдергиванию силами морозного пучения. Данное конструктивное решение подкрепляется результатами теоретических расчетов и натурных экспериментов.

Оригинальность и новизна решения заключаются в использовании для борьбы с пучением самих этих сил. Наличие обратного конуса в конструкции сваи приводит к возникновению составляющих сил пучения, удерживающих сваю от подъема. Применение сваи с обратным конусом позволяет преобразовать негативные силы морозного пучения в позитивные за счет конструкции самой сваи, без дополнительных элементов и мероприятий, что существенно снижает затраты на возведение и эксплуатацию автодорожных тоннелей, увеличивает сроки их безаварийной эксплуатации.

Автор выражает благодарность заведующему кафедрой автомобильных дорог и мостов Пермского национального исследовательского политехнического университета профессору Б. С. Юшкову за помощь в проведении натурного эксперимента.

Ключевые слова

Автодорожный тоннель, морозное пучение, напряженно-деформированное состояние, нормальные и касательные силы, выдерживающая нагрузка, буронабивная свая, обратный конус.

Vehicular traffic tunnel, frost heave, stress-strain state, normal and tangential forces, pull-out load, bored pile, inverted cone.

Список литературы

1. О транспортной стратегии Российской Федерации: [Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р в ред. от 11.06.2014 № 1032-р]. 301с.
2. О федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010–2020 гг.)»: [Постановление Правительства РФ от 05.12.2001 № 848 в ред. от 06.10.2015 № 1068]. 608с.
3. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ от 30.12.2009 [в ред. Федерального закона от 02.07.2013 N 185-ФЗ]. 301с.
4. Карлов В. Д. Сезонно промерзающие грунты как основания сооружений: дис. д-ра тех. наук: 05.23.02.СПбГАСУ. Санкт-Петербург. 1998. 349 с.
5. Юлли О. Р. Некоторые условия проектирования и строительства транспортных тоннелей в условиях сурового климата. Интернет-журнал. Реконструкция городов и геотехническое строительство 2002. № 5.
6. Абжалимов Р. Ш. Закономерности взаимодействия пучинистого грунтового основания с фундаментами малоэтажных зданий и подземными сооружениями и методы их расчета: авторефер. дис. д-ра тех. наук: 05.23. Москва. 2011. 47 с.
7. Ping Yang, Jie-ming Ke, J.G. Wang, Y.K. Chow, Fen-bin Zhu. Numerical simulation of frost heave with coupled water freezing, temperature and stress fields in tunnel excavation. *Computers and Geotechnics* 2006. 33. p. 330–340.
8. Zhe Ji, Kangcheng Lu, Chaobao Ma. Classification, Causes of Tunnel Frost Damages in Gold Region and Several New Technologies to Prevent Them. *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 170–173. 2012. p. 1504–1510.
9. Юшков Б. С., О. В. Третьякова, С. А. Ребров. Рациональные подходы к проектированию заглубленных транспортных тоннелей в условиях морозного пучения грунтов. *Дороги и мосты*. 2015. № 2. С. 53–62.
10. Третьякова О. В. Величины нормальных напряжений морозного пучения, развивающихся в глинистых грунтах. *Транспорт. Транспортные сооружения. Экология*. 2016. № 1. С. 125–141.
11. Конструктивные решения и детали фундаментов и подземных сооружений, устраиваемых по методу дренирующих прослоек в глинистых грунтах. – Владивосток. Изд.: ДальНИИС, 1988. – 34 с.
12. Указания по проектированию и устройству фундаментов и подвалов зданий и сооружений в глинистых грунтах по методу дренирующих прослоек (издание второе). – Владивосток. Изд.: ДальНИИС, 1990 – 33 с.

Для связи с автором

Третьякова Ольга Викторовна
Olga_www@mail.ru



МЕРОПРИЯТИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

PROJECTED INDUSTRIAL SAFETY ACTIVITIES IN THE MOSCOW SUBWAY CONSTRUCTION

В. И. Дрёмов, д. т. н., проф., НИТУ «МИСиС»

С. В. Мазейн, д. т. н., проф., МИИТ

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

Д. В. Акутин, ООО «ПБ ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ»

V. I. Dremov, Dr. Tech. Sciences, Prof., NITU MISiS

S. V. Mazein, Dr. Tech. Sciences, Prof., MIIT

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

D. V. Akutin, LLS «PB PODZEMNYE SOORUZHENIYA»

В статье анализируется содержание требований законов и постановлений правительства РФ к составу мероприятий промышленной безопасности (ПБ) в проектах организации строительства метро. В результате анализа авторы дают рекомендации по проектированию раздела промышленной безопасности как для объектов капитального строительства (котлованы, камеры, станции, стволы), так и линейных объектов (тоннели). Рассмотрены основные рекомендуемые рубрики раздела «Мероприятия промышленной безопасности».

In this paper contents of law requirements and Russian Federation government decrees for industrial safety activity in the Moscow metro construction are analyzed. Authors gives recommendations on industrial safety section design for capital construction objects (pits, camera station, trunks) as well for linear objects (tunnels). Main recommended headings of section «Activities of industrial safety».

Введение

Федеральный Закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1] декларирует требования промышленной безопасности как условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, соответствующие нормам в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны окружающей среды, экологической и пожарной безопасности, охраны труда.

В составе проектной документации на объекты строительства обязательным разделом является «Проект организации строительства» (далее – ПОС), а в нем – подраздел «Промышленная безопасность» (далее – ПБ). В составе проектов строительства метрополитена обязательно разделяются объекты капитального строительства (котлованы, камеры, станции, стволы) и линейные объекты (тоннели). Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (далее – Постановление № 87) определены Состав разделов проектной документации и требования к их содержанию [2].

В целях ускорения темпов развития метрополитенов Постановлением Прави-

тельства РФ от 07.12.2010 г. № 1006 (далее – Постановление № 1006) состав проектной документации для объектов метрополитена дополнен подпунктом «р. 1)», включающим описание проектных решений и перечень мероприятий промышленной безопасности для подземных объектов метрополитена [3]. Ниже будут рассмотрены положения Постановления № 1006 по содержанию подраздела ПБ в разделе ПОС, которые во многом повторяют Временные методические указания Госгортехнадзора 1999 г. [4]. Вместе с тем будут приведены предъявляемые аналогичные требования ПБ к другим разделам проектной документации по «Положению о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» Постановления № 87.

Оценка инженерно-геологических условий подземного строительства

При оценке инженерно-геологических условий строительства подземного сооружения необходимо проанализировать:

- комплексность изучения инженерно-геологических условий района (площадки, участка, трассы) проектируемого объекта строительства, включая рельеф, геологическое строение, сейсмотектонические, гео-

морфологические и гидрогеологические условия, состав, состояние и свойства грунтов;

- геологические и инженерно-геологические процессы;

- геологические аномалии в зоне строительства;

- прогноз возможных изменений инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой.

«Положением...» Постановления № 87 предъявляются аналогичные требования к содержанию других разделов проектной документации, в частности, для объекта капитального строительства к разделу 4 «Конструктивные и объемно-планировочные решения» (далее – КОПР) и для линейного объекта к разделу 3 «Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения» (далее – ТКР):

- сведения о топографических, инженерно-геологических, гидрогеологических, метеорологических и климатических условиях участка, на котором будет осуществляться строительство;

- сведения об уровне грунтовых вод, их химическом составе, агрессивности по отношению к материалам изделий и конструкций подземной части объекта.

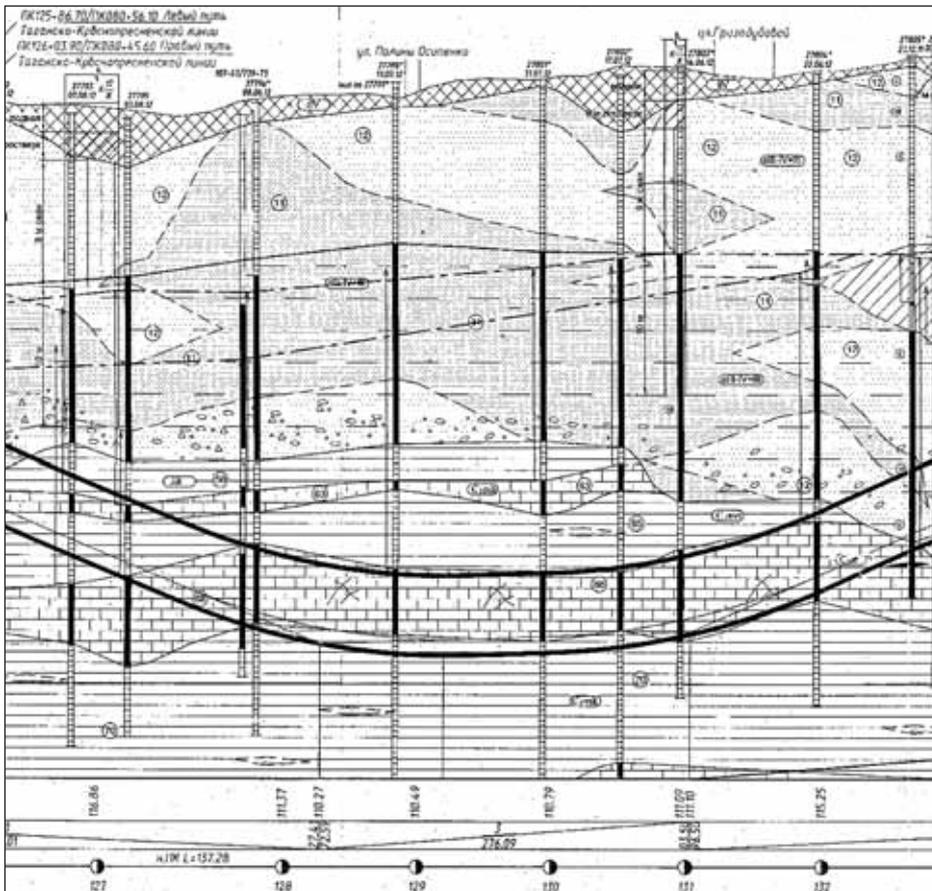


Рис. 1. Профиль перегонного тоннеля

Для линейного объекта в разделе 3 ТКР требуются также сведения о прочностных и деформационных характеристиках грунта в основании линейного объекта.

На основании изученных инженерно-геологических условий строительства анализируются принятые в проектной документации конструктивные решения, организация и технология строительства подземного сооружения, а также производственные процессы, используемые при строительстве в данных условиях (рис. 1, 2 и 3).

Для предварительного назначения зоны влияния вновь возводимого (реконструируемого) сооружения, расположенного на застроенной территории, допускается ориен-

тировочный радиус зоны влияния $r_{зв}$, м, принимать в зависимости от глубины котлована H_k , м, метода его крепления и конструкции ограждения котлована равным (п. 9.36 СП 22.13330.2011 [5]):

5 H_k – при использовании ограждения котлована с креплением анкерными конструкциями, но не более $2L$, где L – суммарная длина горизонтальной проекции тела анкера и его тяги, м;

4 H_k – при использовании ограждения из стальных элементов (труб, двутавров и т. п.) с консольным креплением либо креплением стальными распорками или подкосами, а также при устройстве котлована в естественных откосах;

3 H_k – при использовании монолитной или сборно-монолитной железобетонной конструкции ограждения котлована (по технологии «стена в грунте»; буронабивных секционных свай и т. п.) с консольным креплением либо креплением стальными распорками или подкосами, а также при использовании ограждения из стальных элементов (труб, двутавров и т. п.) и экскавации грунта в котловане под защитой монолитных железобетонных перекрытий;

2 H_k – при использовании монолитной или сборно-монолитной железобетонной конструкции ограждения котлована (по технологии «стена в грунте», буронабивных секционных свай и т. п.) и экскавации грунта в котловане под защитой монолитных железобетонных перекрытий.

Величина предварительно назначаемой зоны влияния может корректироваться на основании местного опыта проектирования с учетом специфических грунтовых условий и других факторов.

Перечень опасных производственных объектов, располагающихся вдоль трассы или в зоне строительства

Участок строительства может оказаться в зонах воздействия поражающих факторов аварий на потенциально-опасных производственных объектах (химические заводы, бензозаправочные станции, склады огнеопасных материалов и другие объекты).

Данные решения необходимо проанализировать с учетом требований раздела: «Инженерно-технические мероприятия ГО. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», который разрабатывается в соответствии с пунктом 32 «Положения...» Постановления № 87 – раздел 12 «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами»:

б. 1) перечень... опасных производственных объектов, определяемых таковыми в соответствии с законодательством Российской Федерации, особо опасных, технической сложности, уникальных объектов, объектов обороны и безопасности.

Рис. 2. Земляные работы экскаваторами в котловане ст. «Солнцево»



Рис. 3. Забой при проходке подходных выработок станции «Суворовская»





Рис. 4. Схема размещения проектируемого объекта ст. «Озерная» относительно зон возможных разрушений при пожаро- и взрывоопасных авариях на проезжей части

Перечень зданий, сооружений и инженерных коммуникаций, попадающих в зону возможных деформаций

При проектировании необходимо выполнять геотехнический прогноз (оценку влияния) строительства, который бы определял радиус зоны влияния, а также определить значения дополнительных деформаций оснований и фундаментов сооружений окружающей застройки.

Для зданий, попадающих в мульду осадок, определяются предельно допустимые значения дополнительных осадок и кренов основания с учетом фактического состояния зданий и сооружений.

На основании выполненного геотехнического прогноза и обследований производится анализ и определяется порядок проведения наблюдений за деформациями земной поверхности, перемещениями, сдвигами и кренами существующих наземных сооружений, расположенных в зоне возможных деформаций.

При необходимости разрабатываются мероприятия по предупреждению деформаций и разрушений существующих зданий, сооружений и коммуникаций.

В разделе приводятся геотехнические заключения по сооружаемым объектам, а также проект наблюдательной станции (с расчетом объемов и периодичности работ).

В проекте наблюдательной станции приводятся схемы расположения реперов идеформационных марок на объектах наблюдения.

В соответствии с «Положением...» Постановления № 87 Пункт 23 для раздела 6 «ПОС» в проекте объекта капитального строительства требуется, чтобы раздел содержал положение:

- перечень мероприятий по организации мониторинга за состоянием зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости от строящегося объекта, земляные, строительные, монтажные и иные работы на котором могут повлиять на

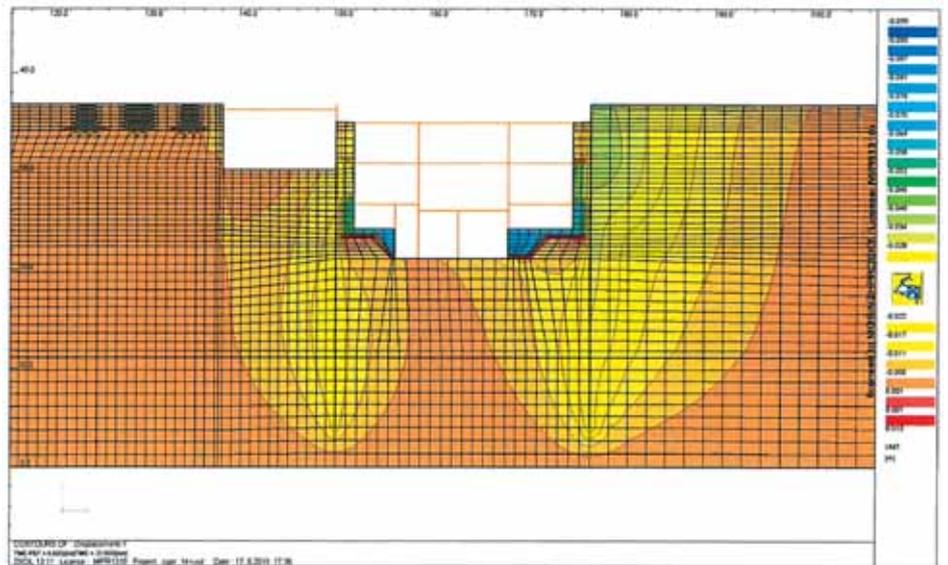


Рис. 5. Результаты геотехнического прогноза на окружающую застройку при строительстве вестибюля станции. Изополя вертикальных перемещений

техническое состояние и надежность таких зданий и сооружений (литера ф).

Пункт 35 (литера в) требует для содержания раздела 2 «Проект полосы отвода» применительно к линейному объекту перечни искусственных сооружений, пересечений, примыканий, включая их характеристику, а также перечень инженерных коммуникаций, подлежащих переустройству.

Сведения о степени опасного или безопасного воздействия на окружающую среду района, на сохранность существующих зданий, сооружений и коммуникаций

Такое воздействие проявляется в ходе основных технологических процессов в период строительства в виде:



Рис. 6. Осадка дорожного полотна вдоль котлована ст. «Боровское шоссе»

- шумовых и вибрационных воздействий;
- возможных выбросов вредных веществ в атмосферу;
- загрязнения грунтов и грунтовых вод;

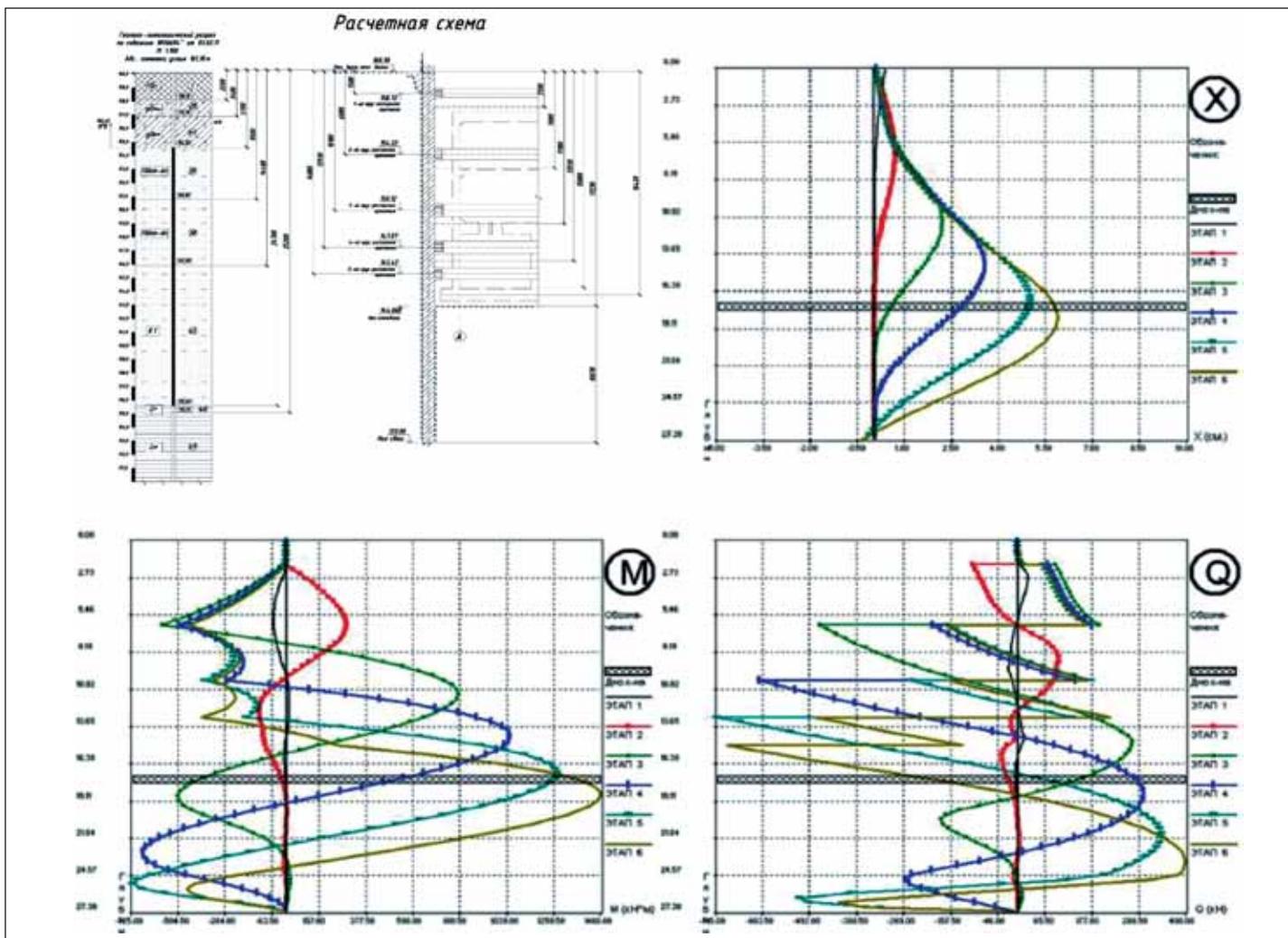


Рис. 7. Расчетная схема крепления котлована. Эпюры в стене крепления (X – перемещения стены, M – изгибающих моментов, Q – поперечных сил)

- понижения уровня грунтовых вод и барражного эффекта;
- карстовых и оползневых явлений.

В разделе необходимо привести мероприятия по снижению воздействий до нормативных значений, а также соответствующие меры по мониторингу за состоянием среды и предотвращению негативных воздействий.

В соответствии с «Положением...» Постановления № 87 Пункт 23 для раздела 6

«ПОС» в проекте объектов капитального строительства требуется, чтобы раздел содержал положение:

- описание проектных решений и мероприятий по охране окружающей среды в период строительства; (литера т).

«Положением...» Постановления № 87 Пункт 25 предъявляются аналогичные требования к содержанию раздела 8 «Перечень мероприятий по охране окружающей среды»:

- перечень мероприятий по предотвращению и (или) снижению возможного негативного воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов на период строительства... (литера б).

В соответствии с «Положением...» Постановления № 87 Пункт 38 для раздела 5 «ПОС» в проекте объектов линейного строительства требуется, чтобы раздел содержал положение:

- описание проектных решений и перечень мероприятий, обеспечивающих сохранение окружающей среды в период строительства (литера р);

- перечень мероприятий по предотвращению в ходе строительства опасных инженерно-геологических и техногенных явлений, иных опасных природных процессов (литера м).

«Положением...» Постановления № 87 Пункт 40 предъявляются аналогичные требования к содержанию раздела 7 «Мероприятия по охране окружающей среды»:

- перечень мероприятий по предотвращению и (или) снижению возможного негативного воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов на период строительства ... (литера б).

Расчеты на прочность и устойчивость временных ограждающих, несущих конструкций

В данном разделе необходимо привести расчеты временных конструкций:

- ограждающих конструкций котлованов, распорных (анкерных) систем и напряженно-деформируемого состояния окружающего грунтового массива;

Рис. 8. Система распорного крепления котлована, тоннельный конвейер ст. «Боровское шоссе»



- шахтных стволов;
- устойчивости временных откосов (берм);
- а также:
- крепления подземных выработок и обделок тоннелей;
- расчеты значений грунтопригрузки;
- расчет постоянных конструкций на различные комбинации нагрузок при монтаже.

Для раздела 3 КОПР пунктом 14 «Положения...» Постановления № 87 предусмотрены следующие аналогичные требования:

- описание и обоснование технических решений, обеспечивающих необходимую прочность, устойчивость, пространственную неизменяемость зданий и сооружений объекта капитального строительства в целом, а также их отдельных конструктивных элементов, узлов, деталей в процессе изготовления, перевозки, строительства и эксплуатации объекта капитального строительства (литера е).

Обоснование технических решений, обеспечивающих необходимую прочность – это тот же расчет систем, несущих нагрузку.

Оценка применяемых технологических процессов при строительстве подземного сооружения

Производится анализ технологических процессов, выполняемых при производстве работ открытым и закрытым способом, например:

- устройство ограждений котлованов;
- разработка котлованов и устройство распорных и анкерных систем;



Рис. 9. Монтаж чугунной обделки перегонного тоннеля с помощью тьюбингоукладчика

- проходка шахтных стволов, походных выработок, тоннелей, станционных комплексов и притоннельных сооружений;
- специальные методы строительства (водопонижение, закрепление грунтов, замораживание) с учетом гидрогеологических условий в месте производства работ (согласно п. 6 ПБ 03-428-02 [6] и п. 6.7 СП 120.13330.2012 [7]);
- конструктивные мероприятия (усиление демонтируемых и примыкающих к ним конструкций с помощью подхватных рам и т. д.

(согласно п. 6 ПБ 03-428-02 [6] и п. 6.6 СП 120.13330.2012 [7]);

- расчетные параметры диаграммы грунтопригрузов ТПМК.

В разделе анализируется выбранный способ строительства, порядок производства работ, а также целесообразность применения и конструктивное исполнение тех или иных проектных решений.

Приводятся организационно-технические решения по обеспечению безопасности на период производства работ для различ-

Рис. 10. Проходка наклонного эскалаторного тоннеля станции «Петровско-Разумовская»



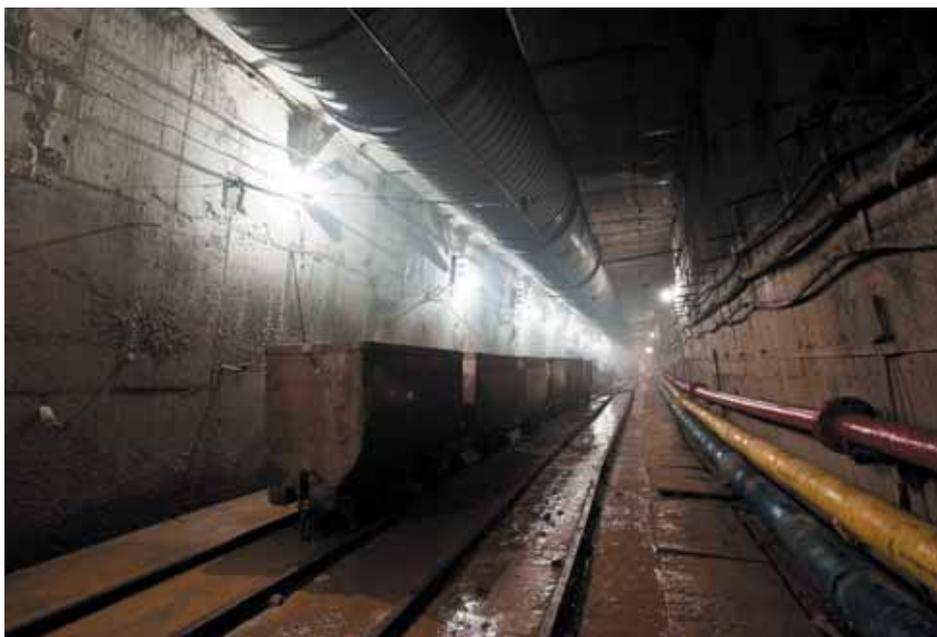


Рис. 11. Воздуховод системы вентиляции и рельсовый транспорт в подходной выработке

ных технологических процессов (обустройство строительной площадки, эксплуатации дизельных локомотивов, работе в зоне ЛЭП и т. д.).

Вместе с оценкой указываются основные меры по обеспечению безопасности, возможные аварийные ситуации с мерами по их ликвидации.

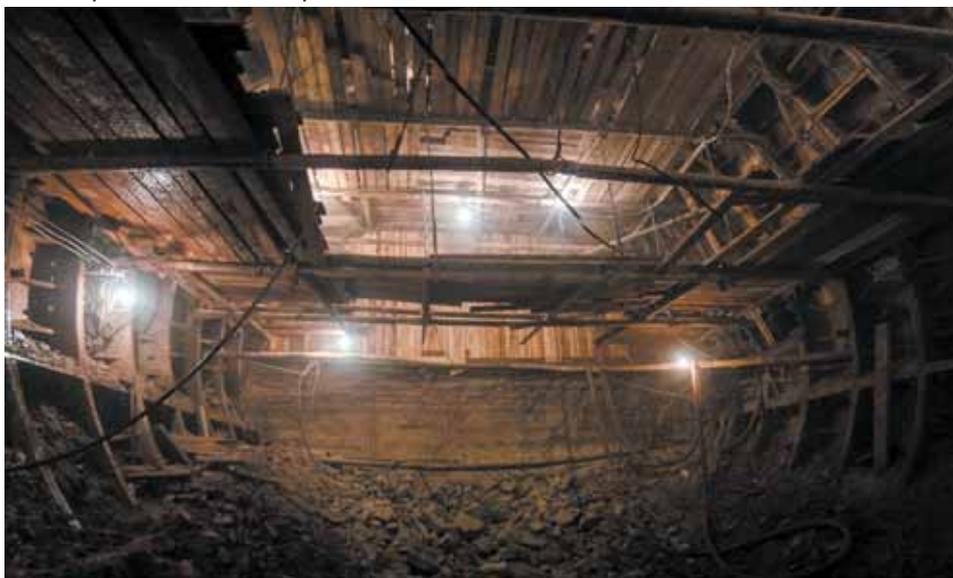
Пункт 23 требует для раздела 6 ПОС:

- перечень мероприятий и проектных решений по определению технических средств и методов работы, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда (литера с).

Пункт 34 требует для раздела 1 «Пояснительная записка»:

- описание принципиальных проектных решений, обеспечивающих надежность линейного объекта, последовательность его строительства, намечаемые этапы строительства и планируемые сроки ввода их в эксплуатацию (литера з).

Рис. 12. Крепления лба забоя выработки



Пункт 38 требует для раздела 5 ПОС:

- перечень мероприятий по обеспечению на линейном объекте безопасного движения в период его строительства (литера н).

Перечень мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Пожарная безопасность на объекте подземного строительства должна обеспечиваться реализацией системы мер, предотвращающих возникновение пожара в подземных условиях и на строительной площадке.

В проекте необходимо предусмотреть противопожарные мероприятия для следующих объектов:

- сооружений на строительной площадке;
- шахтных копров, эстакад, стволов, порталов;
- защиту выработок.

Наиболее типичные вопросы, которые требуют дополнительной проработки при разработке проектной документации в разделе «Противопожарная безопасность»:

- выбор повысительных пожарных насосов, в том числе для применения в подземных выработках и в надшахтных комплексах;
- разработка мероприятий по защите пожарного трубопровода от промерзания;
- при выборе и расстановке первичных средств пожаротушения на строительной площадке необходимо учитывать замораживающие установки (в том числе дизель-генераторы);
- включать противопожарные мероприятия в монтажных котлованах, где осуществляется заправка дизельных локомотивов (раздел 15.3, Приложения 34 ПБ 03-428-02 [6]);
- расчет и расстановка первичных средств пожаротушения на строительной площадке;
- обеспечение работников, работающих в подземных условиях, самоспасателями;
- устройство сухо-трубопровода в портальной части тоннелей с установкой водоразбрызгивающих насадок;
- схема размещения блок-контейнеров на строительных площадках с учетом ДЭС, складов ГСМ, баллонов со сжатым воздухом и кислородом, других помещений.

Для раздела 8 «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» пунктом 41 «Положения...» Постановления № 87 предусмотрены следующие аналогичные требования:

- описание системы обеспечения пожарной безопасности линейного объекта и обеспечивающих его функционирование зданий, строений и сооружений, проектируемых в составе линейного объекта (литера а);
- характеристику пожарной опасности технологических процессов, используемых на линейном объекте (литера б);
- описание организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности линейного объекта, обоснование необходимости создания пожарной охраны объекта, расчет ее необходимых сил и средств (литера л);
- сведения о фактическом и требуемом напоре в сети водоснабжения, проектных ре-

Рис. 13. Модульная система фильтрации воздуха, используемая в зоне производства работ действующего метрополитена



шениях и инженерном оборудовании, обеспечивающих создание требуемого напора воды (литера е).

Основные положения по энергобезопасности

Под энергобезопасностью подразумевается бесперебойное обеспечение строительства электроэнергией, сжатым воздухом, связью. Положения содержат описание и разработку мер по предупреждению электротравматизма и используемых для этого технических средств.

Электроснабжение объекта на период строительства предусматривается с категорией надежности не ниже II. Электроснабжение вентиляционных установок, водопроводных, повысительных водоотливных насосных установок, аварийного освещения, установок противопожарной защиты предусматривается по I категории надежности.

Пункт 38 требует для раздела 5 ПОС:

- сведения о местах размещения... объектов энергетического обеспечения, обслуживающих строительство на отдельных участках трассы.

Описание схемы и режима проветривания горных выработок на период их проходки, решения по обогреву или охлаждению подаваемого в выработки воздуха, схемы транспорта, расчеты

Режимы проветривания необходимо разработать для горных выработок на всех стадиях проходки. Здесь также описываются решения по обогреву или охлаждению подаваемого в выработки воздуха.

В подразделе описываются решения по организации транспорта на строительной площадке, подземного транспорта в вертикальных, наклонных и горизонтальных выработках.

Наиболее типичные вопросы, которые требуют дополнительной проработки при разработке проектной документации в данном разделе:

- рекомендации об организации контроля состава воздуха и параметров микроклимата в подземных выработках (р. 12.4 и р. 12.5 ПБ 03-428-02 [6]);
- расчеты количества воздуха при использовании дизельного локомотива;
- схемы и расчеты вентиляции при сооружении штолен, ходков и сбоек протяженностью более 10 м и противопожарные мероприятия в них, с учетом применения деревянной затяжки и ведения сварочных работ (раздел 12.4 ПБ 03-428-02 [6]);
- выбор системы вентиляции выработок при использовании горнопроходческих комбайнов.

Описание мер по борьбе с пылью, газами, вывалами, прорывами вод и пльвунов

В подразделе необходимо разработать решения по комплексному обеспыливанию воздуха в выработках, включающие в себя снижение пылеобразования, уменьшение пылепоглощения, очистку воздуха от витающей пыли.



Рис. 14. Шахта для лучевого водопонижения ст. «Солнцево»

При проектировании анализируются и выделяются зоны работ, опасные по газу и газодинамическим явлениям, а также зоны работ возможного вывалообразования, прорыва грунтовых вод и пльвунов. В случае наличия опасных зон в проекте разрабатываются мероприятия по предупреждению, контролю и ликвидации данных явлений.

При необходимости (в определенных горно-геологических условиях) приводится описание мер по борьбе с внезапными выбросами пород и горными ударами.

Описание схемы водоотлива

В подразделе ПБ описывается схема водоотлива и строительного водопонижения при

проходке стволов, выработок и котлованов, а также приводится описание решений по отводу и очистке шахтных вод (рис. 14).

Наиболее типичные вопросы, которые требуют дополнительной проработки при разработке проектной документации в данном разделе:

- обоснование применения насосов при открытом водоотливе;
- данные по строительному водопонижению (расчеты, зона, оборудование);
- рекомендации по обеспечению контроля качества противодиффузионной завесы с применением грунтоцементных свай (п. 6.7.1.13, п. 6.7.1.14, п. 6.7.3.44 СП 32-105-2004 [8]);

Рис. 15. Гипсовый маяк, установленный на ограждении котлована из БСС, в зоне образования трещин





Рис. 16. Трещина в отмостке здания, расположенного вдоль котлована вестибюля станции «Бутырская»

- данные по значениям величины напора водоносных горизонтов;
- график, учитывающий совмещение работ по водопонижению и созданию ледо-грунтового ограждения при строительстве (наклонного тоннеля, вертикального шахтного ствола и т. д.).

Описание мер по предупреждению и локализации воздействия буровзрывных работ

При проектировании буровзрывных работ описываются мероприятия по предупреждению и локализации воздействия БВР на существующие сооружения и коммуникации с указанием предлагаемых мер безопасности.

Наиболее типичные вопросы, которые требуют дополнительной проработки при разработке проектной документации в данном разделе:

- основные мероприятия по обеспечению безопасности при перевозке и хранению взрывчатых материалов;
- мероприятия по устройству и эксплуатации подземных складов взрывчатых материалов, в том числе по вентиляции и пожарной безопасности;
- безопасные расстояния при ведении взрывных работ.

Требуется следующие расчеты:

- на сейсмическое воздействие;
- разлету кусков породы;
- величину радиуса опасной зоны.

Запрещается ведение взрывных работ на расстоянии менее 30 м от склада ВМ (п. 230[9]).

Согласно «Положению...» Постановления № 87, пункт 38 – для описания предупредительных и локализирующих мер при воздей-

ствии БВР, раздел 5 «ПОС» должен содержать в текстовой части описание проектных решений и перечень мероприятий, обеспечивающих сохранение окружающей среды в период строительства (литера р).

Описание системы наблюдения за деформациями

В данном подразделе описывается система, программа и методы наблюдения за наземными сооружениями вокруг строящегося объекта, за деформациями конструкций строящегося объекта и состоянием окружающего массива грунта вокруг строящегося объекта.

Раздел 6 ПОС объекта капитального строительства (пункт 23 в «Положении...» Постановления № 87) должен содержать требования ПБ:

- предложения по организации службы геодезического и лабораторного контроля (литера о);
- перечень мероприятий по организации мониторинга за состоянием зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости от строящегося объекта, земляные, строительные, монтажные и иные работы, которые могут повлиять на техническое состояние и надежность таких зданий и сооружений (литера ф).

Сведения о применяемом оборудовании и механизмах

В подразделе ПБ приводятся сведения о применяемых строительных машинах и транспортных средствах, оборудовании и механизмах, на основании разработанных решений раздела ПОС.

Наиболее типичные вопросы, которые требуют дополнительной проработки при разработке проектной документации в данном разделе:

- расчет горизонтального транспорта на участке строительства подземных сооружений;
- мероприятия по обеспечению безопасного ведения работ при демонтаже и монтаже элементов сборной обделки тоннелей в пределах котлована;
- выбор системы горизонтального транспорта в механизированных горных выработках;
- обоснование выбора проходческого полка (этажности);
- безопасность работ по армировке ствола и спуску людей при глубинах более 25 м;
- подъем разрабатываемого грунта при строительстве.

Выводы

Разработка решений промышленной безопасности при проектировании объектов метрополитена на основании действующих нормативных документов [2, 3] включает в себя:

- всестороннюю оценку рисков аварий и связанных с ней угроз;
- детальный анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий и обеспечению готовности строительной организации к эксплуатации объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии;
- разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера нанесенного в случае аварии ущерба.

Основная задача проектировщиков при разработке раздела «Мероприятия по обеспечению промышленной безопасности» – это соответствие проектных решений подраздела требованиям нормативных технических документов.

Ключевые слова

Промышленная безопасность, проект организации строительства, метрополитен, оценка, перечень, сведения, расчеты, описание мер.

Industrial safety, construction project, subway, assessment, list, details, calculations, measures description.

Список литературы

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ (с изменениями).
2. Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (с изменениями и дополнениями).
3. Постановление Правительства РФ от 07.12.2010 г. № 1006 «О дополнительных мерах по развитию метрополитенов в Российской Федерации».
4. Временные методические указания по разработке раздела «Техническая безопасность» в проектной документации на строительство тоннелей подземных сооружений. Утверждены Госгортехнадзором России 30.07.1999 г.
5. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений.
6. ПБ 03-428-02 Правила безопасности при строительстве подземных сооружений.
7. СП 120.13330.2012 Метрополитены.
8. СП 32-105-2004 Метрополитены.
9. Правила безопасности при взрывных работах / Утв. 16 декабря 2013 г. приказом Ростехнадзора № 605.

Для связи с авторами

Дрёмов Виктор Иванович
dremov.vi@mge.mos.ru
Мазин Сергей Валерьевич
maz-bubn@mail.ru
Акутин Дмитрий Валерьевич
adv87@yandex.ru
Прудников Андрей Дмитриевич
d080808@ya.ru

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ДОБАВКИ) ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОНА ДЛЯ БЛОКОВ

MODERN MATERIALS (ADMIXTURES) IN CONCRETE TUBING PRODUCTION

И. В. Махлаев, продукт-менеджер MC-Bauchemie

I. V. Makhlaev, product-manager MC-Bauchemie

В статье изложена краткая история компании MC-Bauchemie. Представлены технические решения для производства железобетонной обделки. Затронуты вопросы повышения качества выпускаемой продукции.

History MC-Bauchemie. Technical solution in reinforced tubing production. Tubing quality improvement.

Концерн MC-Bauchemie в России

MC-Bauchemie – один из ведущих производителей продуктов строительной химии в мире. Штаб-квартира MC расположена в городе Боттроп, Германия. В 40 странах мира работают более 2000 сотрудников, в том числе 450 – в MC Россия.

MC проводит исследования, разрабатывает и производит специализированные строительные материалы и системы продуктов как для нового строительства, так и для ремонта, восстановления и защиты сооружений всех видов. Деятельность MC сфокусирована на потребностях клиента, в каком бы регионе мира они не возникли. Основные рынки компании – в Европе, России, Южной Америке, Индии и Юго-Восточной Азии.

Совместное российско-германское предприятие MC-Bauchemie создано в 2001 г. на базе группы компаний «ОТЛИ» (Россия) и концерна MC-Bauchemie (Германия).

Сегодня MC-Bauchemie (Россия) – один из ведущих производителей материалов строительной химии в нашей стране. Суммарная производственная мощность пяти заводов в Ленинградской, Московской, Краснодарской, Самарской и Тюменской областях составляет более 500 тыс. т сухих строительных смесей, добавок в бетоны, грунтов и пастообразных продуктов в год.

Благодаря работе MC-Bauchemie (Россия) на рынке нашей страны представлены лучшие европейские разработки и технологии в области строительной химии.

Добавки в бетон для тоннельной обделки

В связи с развитием технологий подземного строительства и широким мировым использованием тоннелепроходческих комплексов (ТПМК) для строительства тоннелей в 2014 г. был открыт проект «Транспортные тоннели», который занимается не только поставкой инновационных продуктов строительной химии, но и предоставлением высококлассной специализированной технической поддержки всем тем, кто занимается строительством транспортных тоннелей по всей России.

Одним из направлений, в которых работают специалисты MC, является оптимизация производства железобетонной обделки, используемой при строительстве тоннелей.

Ранее получение тюбингов высокой прочности делало их хрупкими и подверженными трещинам, во многом ввиду высокого давления ТПМК. Сегодня при производстве элементов обделки используются специальные добавки и волокна, которые значительно увеличивают вязкость бетона, благодаря чему образование трещин уменьшается, а несущая способность увеличивается.

На сегодняшний день к тюбингам, кроме высокой прочности, предъявляются следующие требования:

- высокая морозостойкость не ниже F300;
- высокая водонепроницаемость не ниже W12;
- устойчивость к агрессивным воздействиям;
- высокое качество поверхности не менее A2;
- повышенная трещиностойкость и огнестойкость.

Передовые технические решения компании MC-Bauchemie, а также техническая поддержка высокого уровня позволяют достигать поставленных перед производителями тюбингов целей.

Качества, описанные выше, могут быть достигнуты высоким качеством сырьевых материалов, правильным техническим решением в подборе состава бетона, использованием необходимых модифицирующих добавок и соблюдением технологии производства.

В условиях, когда значительно различается качество песков, цементов, климатические условия, состав вмещающего грунта, об универсальном решении говорить не приходится, поэтому инженеры MC-Bauchemie разрабатывают индивидуальное решение в виде той рецептуры бетона, которая будет идеальной в заданных условиях.

MC-Bauchemie долгие годы специализируется на модификации бетонов, поэтому клиентам компании доступен опыт наших специалистов в производстве железобетонных тюбингов заданного качества по всему миру – от Бразилии до Малайзии.

Среди технических решений для производства железобетонных тюбингов зарекомендовали себя следующие продукты.

• Суперпластификаторы. *Cepия PowerFlow*. Применяются для проектирования бетонов заданного качества с высокими эксплуатационными характеристиками.

• Воздухововлекающие добавки. *Centrament Air*. Способствуют повышению морозостойкости, а также позволяют достигнуть улучшения качества поверхности готового изделия путём «разбивания» крупного воздуха в пузырьки размером до 1 мм, при этом устраняя возникновение раковин и каверн.

• Разделительные смазки для форм обделки. *Cepия Ortolan*. Наряду с низким расходом, порядка 30–40 г/м², разделительные средства MC ведут уход за опалубкой, помогая продлить срок её службы. Специально разработанный для технологии ЖБИ *Ortolan SEP 713*, содержащий в своём составе ингибитор коррозии, позволяет полностью устранить образование ржавчины на опалубке и готовых изделиях.

• Косметика для ремонта бетона. *MC-PowerTop cepия, Reparoxyd cepия, Repacryl*. В случае, когда поверхность бетонного изделия всё же требует доводки до нужного качества, вы всегда можете воспользоваться надёжным решением MC в этой области. Системы косметических продуктов превращают поврежденные изделия в изделия с высококлассной поверхностью и формой.

• Минеральные добавки. *Cepия Centrilit*. Могут быть применены в двух случаях: для повышения качества поверхности как микронаполнитель; для повышения коррозионной стойкости готового изделия.

Международный опыт MC-Bauchemie, европейское качество продукции и высокий уровень технической поддержки позволяют нашим клиентам получать лучшие технологии и сервис для производства изделий высочайшего уровня.

Ключевые слова

Метро, тоннель, тюбинг, подземное строительство.

Metro, tunnel, tubing, underground construction.

Список литературы

1. Брошюра «Тоннели». MC-Bauchemie. 16 стр. 2015 г.
2. Рекомендации по применению продукции. MC-Bauchemie. 142 стр. 2014 г.

Для связи с автором

Махлаев Иван Викторович
www.mc-bauchemie.ru



CONDAT STAB

укрепление грунтов и водонепроницаемость

CONDAT

LUBRIFIANTS

Компания **CONDAT**, имеющая 15-летний опыт в области тоннелестроения и работ, связанных с закреплением 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.

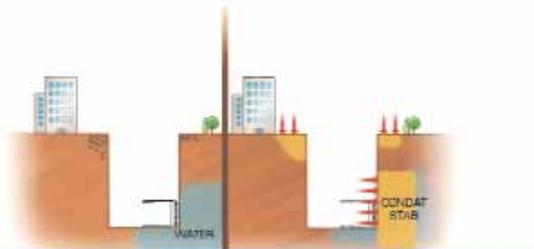
Продукция **CONDAT Stab** была разработана для решения задач укрепления грунта и водонепроницаемости при строительстве подземных сооружений и других видов подземных работ.

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:

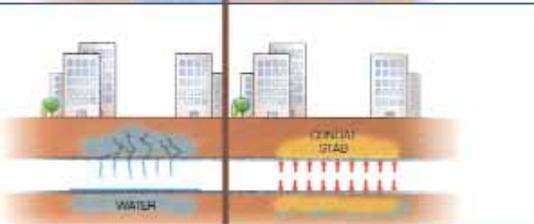
- повысить его механическую прочность;
- уменьшить проницаемость.

Области применения CONDAT Stab

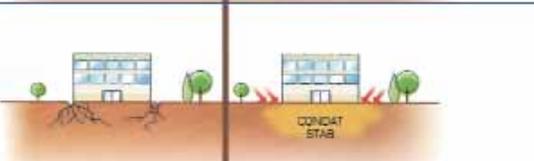
Укрепление стен стартовых котлованов при запуске тоннелепроходческих комплексов



Ремонт существующих подземных коммуникаций в случае их повреждения



Ремонт и укрепление фундаментов



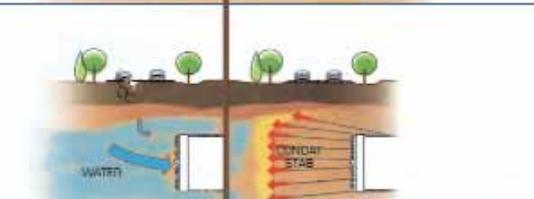
Водонепроницаемость и герметизация подземных сооружений



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