

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой
Трансинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета

А. Н. Левченко

Почётный член совета

С. Н. Власов

Заместитель председателя

И. С. Беседин

Члены совета:

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

Редакционная коллегия:

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

Главный редактор

Г. М. Синицкий

Тоннельная ассоциация России

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

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел.: (499) 267-3514, 267-3425
факс: (499) 265-7951
107078, Москва,
Новорязанская, 16,
подъезд 5, оф. 20
e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Редактор

Г. М. Сандул

Компьютерный дизайн и вёрстка

С. А. Славин

Фотограф

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ООО «Метро и тоннели», 2011

№ 4 2011

Тоннельный конгресс

Международный тоннельный конгресс в Хельсинки 2

Скандинавский путь 4

В Тоннельной ассоциации России

Заседание президиума правления
Тоннельной ассоциации России 6

Транспортные тоннели

Применение гидроизоляционной технологии
на строительстве Юкспорского тоннеля 7

В. П. Абрамчук, А. Ю. Педчик, С. Ю. Кулаков,
А. А. Максимов, В. В. Костенко

Метрополитены

Динамика строительства объектов городской
инфраструктуры в технических
и охранных зонах Московского метрополитена 10

В. А. Гарбер, Г. И. Плотников

Особенности обеспечения пожарной безопасности
энергосберегающих систем освещения 12

В. Н. Дейнего, В. А. Курышев, М. В. Скраган

Тоннельная обделка

Эластомерные уплотнители для тоннельной обделки.
Современное состояние и перспективы 18

Х. Хёфт, Х. Гутшмидт, А. Динер

Специальные способы работ

Производство винтовых самозабуриваемых
анкеров в России 22

А. Г. Калинин, А. П. Вакутин,
А. Н. Смирнов, Д. А. Калинин

Усиление выработки и ядра забоя
с использованием метода A.DE.CO-RS 26

П. Луарди, А. Беллокио,
М. Рослякова, К. Л. Дзенти

Расчет несущей способности по грунту
и применение микросвай «Титан»
для крепления подпорных конструкций 30

И. М. Малый, А. В. Козлов

Исследования

Надежность строительных конструкций тоннелей
инженерных коммуникаций в Москве
с учетом воздействия динамических нагрузок 34

М. Н. Курганский, С. В. Павлов, В. В. Гапонов

Жизненный путь

Профессия – тоннелестроитель 38

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

На строительстве
Юкспорского тоннеля
(читайте на с. 7)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТОННЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС В ХЕЛЬСИНКИ



С 21 по 27 мая 2011 г. в столице Финляндии городе Хельсинки прошел Международный тоннельный конгресс совместно с 37-й Генеральной ассамблеей МТА. Организатором мероприятия традиционно выступила Международная тоннельная ассоциация совместно с Финской тоннельной ассоциацией под девизом «Подземное пространство на службе устойчивого общества». Задача конгресса – объединение и обмен опытом между организациями, специализирующимися на подземном строительстве. Для этого в самый большой конгресс-центр города Хельсинки съехалось более 1300 специалистов из 48 стран. Делегация Тоннельной ассоциации России включала 79 человек. Принимающая сторона сделала все возможное, чтобы в этом году на конгрессе были максимально отражены новейшие тенденции развития отрасли тоннелестроения и подземного строительства.

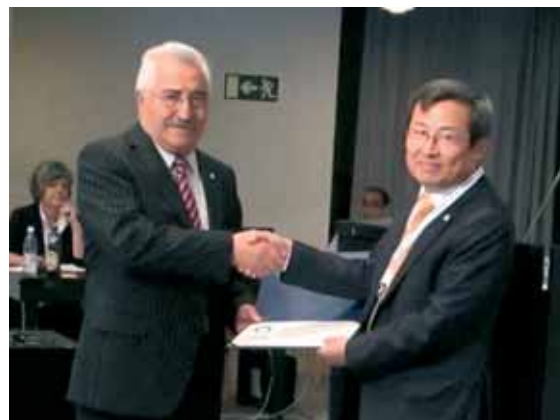
На выставке, которая проходила в рамках конгресса, участвовали такие известные компании, как B&S, Herrenknecht AG, NFM, Brokk и многие другие производственные и строительные фирмы. Некоторые из них представили свои передовые достижения в области горнопроходческого оборудования вживую, выставив образцы на открытой выставке на территории конгресс-центра. Заметным блоком на выставке выступили производители стройматериалов: различные добавки в бетон, пластики, фибры и прочие материалы, которые уже успешно применяются или только-только прошли испытания и внедряются в практику.

Также в рамках конгресса состоялась конференция, в которой совместно с институтом «Ленметрогипротранс» принял участие и Метрострой Санкт-Петербурга. Доклад «Безосадочные технологии строительства метро в Санкт-Петербурге» был сделан главным инженером ЗАО «СМУ-11 Метрострой» Алексеем Ухановым. Надо отметить, что в Финляндии, Швеции, Швейцарии и других странах, где подземному строительству уделяется большое внимание, наиболее выгодные геологические условия. На территориях этих стран преобладают скальные породы, в которых многие применяемые у нас технологии по

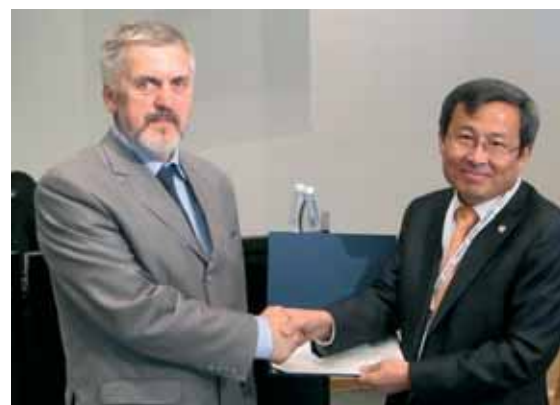
обеспечению гидроизоляции и массивной отделки сооружений, просто не требуются. В условиях же, подобных Петербургу, мало кто прокладывает тоннели, а тем более в плотно застроенных районах города. Тем интереснее было для наших иностранных коллег познакомиться с опытом безосадочной проходки петербургских строителей.

Особое место в программе конгресса было уделено техническим экскурсиям на подземные объекты города Хельсинки. Финны очень активно осваивают подземное пространство города, размещая под землей парковки, спортивно-развлекательные центры, пешеходные переходы, заводы по переработке сточных вод, автобусные вокзалы и другие гражданские объекты. Опыт Финляндии доказывает одно – в больших городах можно и нужно строить под землей. А результаты прошедшего конгресса говорят о том, что для возведения подземных сооружений есть все необходимое и, более того, эта отрасль с годами набирает обороты, развивается и позволяет реализовывать все более амбициозные и интересные проекты.

Следующий тоннельный конгресс пройдет в мае 2012 г. в столице Таиланда – Бангкоке. В 2013 г. конгресс примет Женева, Швейцария.



Выступление Азербайджана в члены МТА. Ш. К. Эфендиев, руководитель Метростроя Баку (на фото слева)



Принятие Беларуси в члены МТА. В. В. Чеканов, генеральный директор Минскметропроекта (на фото слева)



Представители Метростроя Санкт-Петербург и Ленметрогипротранса: А. Комисаров, Н. А. Лаптев, В. Марков, И. О. Яковлев, П. А. Колпаков



Выступление А. В. Уханова, СМУ-11 Метрострой Санкт-Петербург



Члены Российской делегации на заключительном вечере



Представители Украинской и Российской делегаций



Руководство Казметростроя у стенда фирмы «NFM»



Стенд фирмы «Херренкнехт АГ»



Участники Генеральной ассамблеи МТА, А. Н. Левченко на фото слева



Представители Ленметрогипротранса, Метро и Тоннели и Метростроя Санкт-Петербург перед экскурсией на строящиеся объекты

СКАНДИНАВСКИЙ ПУТЬ. ПОДЗЕМНОЕ ПРОСТРАНСТВО НА БЛАГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Финская тоннельная ассоциация (FTA) существует уже 35 лет, и за это время активная деятельность ее членов привела к превращению городского подземного пространства Хельсинки из малопривлекательного и экологически опасного в современные и комфортабельные объекты городской инфраструктуры, положительно оцениваемые даже защитниками окружающей среды.

В настоящее время в Финляндии идет интенсивное освоение подземного пространства. В 2006 г. было принято решение о развитии сети столичного метро, а также прокладке подземной линии к аэропорту.

В Финляндии также ведутся изыскания и проектирование глубокого подземного хранилища использованных ядерных материалов, одного из первых сооружений такого рода в мире.

Лэнсиметро – западное продление Хельсинкского метро

Сеть Хельсинкского метро прокладывает в западном направлении к городу Эспоо. Система Лэнсиметро включает семь современных подземных станций с сооружениями для пересадки в общественный транспорт и парковками. Эта новая система метро с автоматизированным движением поездов и использованием новейших технологий будет отвечать самым высоким техническим требованиям. Строительство объекта Лэнсиметро идет быстрыми темпами. После завершения разработки технического проекта и подготовки рабочей документации осенью 2009 г. началась проходка тоннелей. К концу 2013 г. строители надеются довести линию метро до Матинкиля, южного пригорода Эспоо. Подземная тоннельная система состоит из двух параллельных тоннелей длиной 13,9 км. На всем своем протяжении линия метро проходит в тоннелях, проложенных в прочных скальных породах, что и экономично, и безопасно.

Характеристика линии:

- новых станций – 7;
- сервисных тоннелей – 9;
- вертикальных стволов – 15;
- срок строительства – минимум 40 мес.

Кольцевая железнодорожная линия для обеспечения связи с аэропортом г. Хельсинки Вантаа

Это двухпутное сооружение для пригородного железнодорожного сообщения. Протяженность новой линии – 18 км. В часы пик и в дневное время поезда будут следовать с 10-минутным интервалом, и останавливаться на каждой станции. Минимальное время поездки от станции Тиккурила в Хельсинки до аэропорта Вантаа – около 30 мин. Трасса проходит в тоннелях, отдельно для каждого пути. Полная длина тоннеля – 8 км,



Проект ст. «Авиаполис»



Плавательный бассейн Итаекескус

включая станции-терминалы Авиаполис и Аэропорт. Сметная стоимость строительства – 590 млн евро. В эту сумму входят затраты на реконструкцию автомобильной магистрали № 3 между Кольцевой автомобильной дорогой и Кеймола, а также на возведение нового транспортного узла Тиккурила. По объекту строительства Кольцевой железнодорожной линии будет составлена необходимая проектная документация и будут проводиться тендеры на получение строительных подрядов. Строительство начато весной 2009 г. Кольцевая железная дорога должна быть введена в эксплуатацию не позднее 2014 г.

Плавательный бассейн общего пользования в Итаекескус

Этим объектом власти Большого Хельсинки добились двух целей – построить убежище

для размещения большого количества людей и получить многофункциональный общественный развлекательный комплекс с плавательными бассейнами. Это сооружение – первый опыт реализации необычного творческого проекта, совмещающего в себе сложные конструктивные решения и экологическую безопасность. Окрашенный в белый цвет потолок над большим подземным пространством производит впечатление бассейна под открытым небом. Сооружение обладает улучшенными акустическими свойствами, эффект эха гасится напоминающими паруса декоративными панелями. Основные строительные материалы – скала и железобетон. Площадь пола – 10920 м², объем помещения – 61250 м³. Общая площадь плавательных бассейнов – 1281 м², длина дорожек – 25 и 50 м.

ЗАСЕДАНИЕ ПРЕЗИДИУМА ПРАВЛЕНИЯ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ

14 июля 2011 г. состоялось заседание президиума правления Тоннельной ассоциации России, на котором были рассмотрены следующие вопросы:

- отчет Исполнительной дирекции ТАР о работе в первом полугодии 2011 г.;
- информация о Конгрессе Международной тоннельной ассоциации, состоявшемся в г. Хельсинки (Финляндия) в мае 2011 г.;
- информация о работе региональных отделений ТАР и рабочих групп правления ТАР в первом полугодии 2011 г.;
- о создании при Тоннельной ассоциации России Научно-инженерного центра;
- об участии Тоннельной ассоциации России в организации и проведении в октябре 2011 г. V юбилейной Международной градостроительной выставки «City Build – 2011. Строительство городов».

В отчетном докладе первого заместителя председателя правления ТАР были отражены вопросы деятельности Исполнительной дирекции ТАР в первом полугодии 2011 г.

В частности отмечено, что за этот период проведены такие важные мероприятия, как Международная конференция «Российский опыт и развитие инновационных технологий при строительстве тоннельных объектов в г. Сочи» (с 8 по 10 февраля 2011 г.), в которой приняли участие 250 человек из 31 зарубежной и 62 российских организаций, и круглый стол «Транспортные тоннели для будущих скоростных магистралей» в рамках транспортного конгресса и выставки «Интертоннель» (18 марта 2011 г.). В заслушанных на этих форумах докладах освещены новейшие достижения в области проектирования и сооружения тоннелей, разработки и внедрения в строительство новых технологий, конструкций и материалов. Учитывая значимость и высокую информативность представленных на этих конференциях докладов, Тоннельная ассоциация России сочла необходимым сделать подборку этих материалов и издать их на электронных носителях и в типографском виде для распространения среди членов ассоциации, в том числе среди учебных заведений, обеспечивающих подготовку и переподготовку специалистов для подземного строительства. Приятно отметить понимание большинством производственных и проектных организаций значимость повышения уровня знаний и качества подготовки специалистов в наших учебных заведениях, о чем свидетельствует оказание спонсорской помощи в издании «Сборника докладов» такими органи-

зациями, как ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург; ОАО «Мосинжпроект», Москва; НПКЦ «Интерсигнал», Москва; ФГУП «УС-30», г. Уфа; НП «Объединение подземных строителей», Санкт-Петербург; ОАО «ТО-44» г. Сочи; ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», Санкт-Петербург; ОАО «Каналстройпроект», Москва; ОАО «Минскметропроект» г. Минск; фирмами «Herrenknecht» (Германия) и «Zitron» (Испания).

С 21 по 26 мая 2011 г. в городе Хельсинки (Финляндия) состоялся Международный тоннельный конгресс «Подземное пространство для обеспечения потребностей общества» и 37-я Генеральная ассамблея. От Тоннельной ассоциации России на конгрессе присутствовало 75 человек. Следующий Мировой тоннельный конгресс и 38-я Генеральная ассамблея Международной ассоциации тоннелестроения и подземного пространства состоятся в период с 18 по 23 мая 2012 г. в г. Бангкоке (Таиланд).

Экспертной группой ТАР за шесть месяцев 2011 г. выполнены проектные работы по 14 договорам, в том числе по разработке разделов «Промышленная безопасность» (9 договоров) и «Противопожарная защита» (5 договоров) – проектов организации строительства. Подготовлены 8 заключений экспертиз промышленной безопасности опасных производственных объектов и комплекты соответствующих документов для получения разрешений Ростехнадзора на применение в России двух видов технических устройств.

Научно-техническим экспертным советом ТАР за истекший период:

- рассмотрен вопрос использования в проектных работах положений «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности», утвержденного Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Выработаны предложения по нормализации Технического регламента и внесению в Федеральный закон ряда поправок. Предложения направлены в Департамент надзорной деятельности МЧС для внесения поправок в законодательные акты;
- совместно с Департаментом надзорной деятельности МЧС России рассмотрены вопросы противопожарной защиты метрополитенов. Определен порядок применения положений «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности», утвержденных Федеральным законом от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ; образована рабочая комиссия по решению оперативных вопросов проектирования;

- рассмотрены специальные технические условия на проектирование Орловского тоннеля под р. Невою в Санкт-Петербурге. Даны соответствующие рекомендации;

- рассмотрен вопрос безопасной эксплуатации железнодорожного тоннеля № 5 при производстве строительно-проходческих работ по сооружению автотранспортных тоннелей № 6 и 6а дублера Курортного проспекта г. Сочи. Даны рекомендации, которые положены в основу дальнейших разработок проектной документации.

Особую озабоченность Исполнительной дирекции ТАР вызывает положение дел с актуализацией и формированием нормативно-технической базы по тоннелестроению и подземному строительству. Неоднократные обращения в Министерство регионального развития по этому вопросу, к сожалению, пока не принесли никаких положительных результатов. Исполнительной дирекцией ТАР совместно с НИЦ «Тоннели и метрополитены» ОАО «ЦНИИС» разработаны предложения по программе актуализации и разработке нормативных документов. Проект Программы рассматривается в настоящее время в Министерстве транспорта РФ.

Для ознакомления российских специалистов с зарубежным опытом тоннелестроения с 25 по 30 сентября ТАР организует деловую поездку с осмотром тоннелей Германии – Швейцарии.

С 17 по 20 октября 2011 г. в Москве, на территории Всероссийского выставочного центра (павильон 75) состоится V Юбилейная Международная градостроительная выставка «CityBuild. Строительство городов». Одним из направлений выставки является Международная экспозиция «Подземный город», в организации которой принимает участие Тоннельная ассоциация России.

В рамках выставки традиционно состоится Международная конференция и конкурс «На лучшее применение передовых технологий при освоении подземного пространства», над организацией которой в настоящее время работает Исполнительная дирекция ТАР. Уже получены первые темы докладов.

На заседании президиума правления ТАР рассмотрен также вопрос о награждении группы сотрудников ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» дипломами «Почетный член Тоннельной ассоциации России» за многолетний и добросовестный труд по проектированию тоннелей и подземных сооружений и в связи с 65-летием института.



ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЮКСПОРСКОГО ТОННЕЛЯ

В. П. Абрамчук, А. Ю. Педчик, С. Ю. Кулаков, А. А. Максимов, В. В. Костенко, ФГУП «Управление строительства № 30»



С апреля 2010 г. Федеральное государственное унитарное предприятие «Управление строительства № 30» (ФГУП «УС-30») приступило к сооружению Юкспорского тоннеля № 2 для ОАО «Апатит».

Одним из основных необходимых условий обеспечения работоспособности подземных объектов на запланированный период их безаварийной и безремонтной эксплуатации является строгое соблюдение требований, предъявляемых как к несущим свойствам крепи, правильности ее выбора и технологии возведения, так и к тем мерам, которые используются по сохранению постоянства этих свойств в длительных интервалах времени.

Независимо от типа применяемой крепи ее долговечность во многом будет зависеть от мероприятий, направленных на нейтрализацию негативного влияния фактора гидрогеологического режима породного массива, в котором возводится сооружение.

В практике подземного строительства существует достаточно широкое разнообразие гидроизоляционных технологий, в том числе узко специфических, распространенных на возведении объектов специального назначения. Например, в комплексе с традиционными технологиями для полного подавления водопритоков в выработку в качестве дополнительного мероприятия может применяться металлоизоляция. В метрострое-

нии до недавнего времени были широко представлены технологии с использованием материалов на битумной основе. К настоящему времени они постепенно вытесняются более современными материалами на синтетической основе – эластомерами.

Каждая из существующих технологий имеет свои преимущества и недостатки. Выбор наиболее предпочтительной из них обусловлен учетом многочисленных факторов, определяемых как конкретными условиями ведения работ, технологическими и конструктивными решениями, так и режимом эксплуатации подземного сооружения.

В практике ФГУП «УС-30» на строительстве некоторых сооружений, например, Уфимского автодорожного тоннеля, успешно применяются листовые гидроизоляционные материалы.

Несмотря на существующее многообразие, прогресс в развитии гидроизоляционных технологий не стоит на месте. Так, компанией «BASF» предложено использовать для этих целей, создаваемую методом напыления (набрызга), полимерную мембрану Masterseal 345, основу которой составляет смесь этиленвинилового сополимера с быстротвердеющим цементом. К настоящему времени данная технология уже нашла достаточно широкое применение в зарубежной практике подземного строительства.



Установка сухого набрызга Meuso Piccola



Нанесение мембраны в ручном режиме

На российском рынке компания «BASF» с данной технологией представлена сравнительно недавно, преимущественно на объектах общестроительного комплекса.

В практике же отечественного подземного строительства и, в частности в тоннелестроении, эта технология в промышленном масштабе с соблюдением всех установленных требований, стала внедряться ФГУП «УС-30» на сооружении Юкспорского тоннеля.

Реальные практические шаги по сотрудничеству с компанией «BASF» ФГУП «УС-30» предприняло еще в январе 2009 г. во время рабочей встречи с ее представителями, которая состоялась на руднике «Чебацкий», принадлежащем ОАО «Верхнеуральская руда». По результатам достигнутых соглашений компанией «МЕУСО» была предоставлена в аренду установка для сухого торкретирования серии Meuso Piccola. Сухую смесь для создания мембраны поставляет ООО «Балт-монолитстрой» – официальный дилер компании «БАСФ «Строительные системы» по Северо-западному округу.

Нанесение мембраны, в принципе, может быть осуществлено обычными установками для сухого

набрызга. Однако даже в случае их соответствия рекомендуемым требованиям по обеспечению давления сжатого воздуха, потребуется конструктивная доработка соплового устройства, поскольку данная технология более чувствительна к режиму истечения рабочей смеси и требует более точных регулировок. При этом подбор режима осуществляется не только по визуальным признакам (отсутствие отскока и наплывов), но также контролируется твердостью покрытия по шкале Шора.

К тому моменту, когда состоялся Международный семинар на тему: «Постоянная обделка тоннелей, основанная на применении напыляемой мембраны и набрызг-бетона» (15–16 марта 2011 г., г. Торн-хейм, Норвегия) и по результатам которого В. Е. Меркиным была опубликована статья в журнале «Метро и тоннели» № 3 за этот год, на строительстве Юкспорского тоннеля с использованием данной технологии было уже возведено ~30 п. м постоянной обделки из монолитного железобетона и готовы к дальнейшему производству около 85 п. м тоннеля.

Этому предшествовал довольно длительный подготовительный период, связанный с наведением рабочих контактов, проведением различного рода консультаций, обучением рабочего персонала, в том числе с выездом представителей компании «БАСФ «Строительные системы» на стройплощадку и выдачей соответствующего документа, свидетельствующего о готовности предприятия к практическому использованию внедряемой технологии.

Поскольку в упомянутой выше статье уже изложена основная суть рассматриваемой технологии, в данной работе отражены лишь некоторые особенности ее применения в условиях строительства Юкспорского тоннеля.

Одна из таких особенностей заключалась в системе дренажа грунтовых вод и устранения протечек воды. Компанией «BASF» для этих целей предусмотрен целый комплекс мероприятий: создание дренажных каналов из армированного ПВХ шланга, разрезанного вдоль его длины и закрепленного на поверхности обнажения горных пород; предварительное нанесение на породное обнажение (грунтование), также способом напыления, гидроизолирующего материала типа Masterseal 845 А или MEUSO TSL 865; организация в теле обделки в виде отверстий дренажных каналов с последующим их тампонажем и блокирование мест активных протечек.

чек воды водонепроницаемой дренажной тканью Masterseal DR1.

На прокладке Юкспорского тоннеля, на данном этапе работ по внедрению рассматриваемой технологии, ее применение предусмотрено, преимущественно, на участках расположения слабоустойчивых окисленных зон, так называемых зон шпреуштейнизации пород, количество которых по трассе тоннеля предполагается порядка 17. Мощность этих зон, являющихся основными каналами фильтрации грунтовых вод, колеблется от первых до 25 метров. Наиболее мощные из них приурочены к начальному участку тоннеля. Его проходка и крепление потребовали внедрения специальных технологических решений, в том числе создания опережающего защитного экрана и более мощной толщины постоянной обделки.

Учитывая кососекущее расположение большинства таких зон и их различную мощность, проектом предусмотрено пять типов постоянной обделки с применением монолитного железобетона. Основным же типом крепления тоннеля (~80 %) является 200-мм слой набрызг-бетона, уложенный по дорожной сетке, укрепленной на железобетонных анкерах временной крепи.

Поскольку первоначальным проектом использование данной гидроизоляционной технологии не было предусмотрено, систему дренажа грунтовых вод на припорտальном участке тоннеля было решено оставить в ранее запроектированном варианте, разработанном Проектным бюро № 1 ФГУП «УС-30».

Суть этого варианта заключается в том, что дренажные каналы, учитывая площадной характер просачивания грунтовых вод, выполнены из рассредоточенных по длине участка гофрированных ПВХ труб, уложенных в основании комплексной обделки по обе стороны тоннеля и замкнутых на водоотливные лотки, которые на выходе из портала через водосборный колодец замыкаются с основным водоотливным лотком. В целях предотвращения обледенения данного узла в зимний период предусмотрен подогрев донной части водоотливных лотков.

Такая система дренажа предусмотрена лишь на начальном участке тоннеля общей протяженностью порядка 400 м, в пределах которого окисленные зоны обладают наибольшей мощностью. На участках, пройденных в окисленных зонах меньшей мощности, планируется применять технологии BASF, в частности с использованием водонепроницаемой дренажной ткани Masterseal DR1.

По указанной выше причине потребовалось также осуществление дополнительных мероприятий по созданию более гладкой поверхности ранее возведенной временной крепи из набрызг-бетона. Гладкость поверхности на качество гидроизоляции – напыляемой мембраны особого влияния не оказывает, это делается для создания более равномерной толщины покрытия и экономии расхода сухой смеси.

На настоящее время, по мере приобретения опыта, он постепенно снижается не выходя за пределы нормативного – 3–6 кг/м² при скорости нанесения покрытия порядка 1,2 м²/мин в ручном режиме.

В арсенале предлагаемых компанией «МЕУСО» устройств для нанесения мембраны имеется полностью роботизированная установка типа MEYCO LOGICA, обеспечивающая более высокую точность режимных показателей и производительность. При этом параметры режима ее работы подбираются и заносятся в компьютер, в том числе, и по результа-



Внешний вид покрытия



Хранение оперативного резерва сухой смеси

там предварительного сканирования поверхности напыления. Применение этой установки целесообразно при значительных объемах гидроизоляционных работ.

Внедрение данной технологии пришлось на зимний период, поэтому, учитывая близость первого участка с постоянной обделкой из монолитного железобетона к входному portalу тоннеля, были вынуждены организовывать тепловую завесу для создания соответствующего теплового режима.

В целом, по результатам использования гидроизоляционной технологии BASF-MEYCO в условиях проходки Юкспорского тоннеля, а также с учетом зарубежного опыта, можно сделать однозначный вывод о перспективности и целесообразности ее дальнейшего внедрения в практику отечественного подземного строительства.



ДИНАМИКА СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ТЕХНИЧЕСКИХ И ОХРАННЫХ ЗОНАХ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В. А. Гарбер, д. т. н.

Г. И. Плотников, научный сотрудник, Филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитены»

В последние 15 лет (1995–2010 гг.) строительство новых линий метрополитена в Москве сократилось в связи с резким уменьшением объемов финансирования. В то же время существенно возрос объем возведения новых объектов городской инфраструктуры в технических и охранных зонах действующих линий метрополитена – транспортных, жилищно-коммунальных, торговых, культурно-бытовых и др.

В связи с этим в зонах влияния метрополитена возникла проблема обеспечения эксплуатационной безопасности действующих его сооружений.

Известны реальные случаи нарушения целостности конструкций метрополитена в результате несанкционированного проведения буровых работ: дважды буровой инструмент «прошивал» конструкцию тоннеля, при этом один раз был «пробурен» вагон метropоезда с пассажирами. Только по счастливой случайности обошлось без человеческих жертв.

В связи с указанными обстоятельствами в 2006 г. Московское правительство выпустило «Правила использования территорий технических и охранных зон метрополитена в городе Москве».

Этот ведомственный нормативно-технический документ разъясняет процедуру подготовки проектной документации, проектирования планировки и застройки, проведения реконструкционных, строительных и иных видов работ в пределах технических и охранных зон метрополитена.

Правила разработаны на основании «Методики определения охранных зон линий метрополитена», согласованной с Управлением по технологическому и экологическому надзору по г. Москве, и «Методики комплексного обследования состояния строительных конструкций сооружений метрополитена, попадающих в зону строительства городских объектов», утвержденной ГУП «Московский метрополитен».

После 2006 г. все новые городские объекты сооружались в соответствии с указанными документами, а до этого времени строительство велось в соответствии с конкретными техническими условиями Московского метрополитена, рассматриваемыми индивидуально для каждого нового проекта.

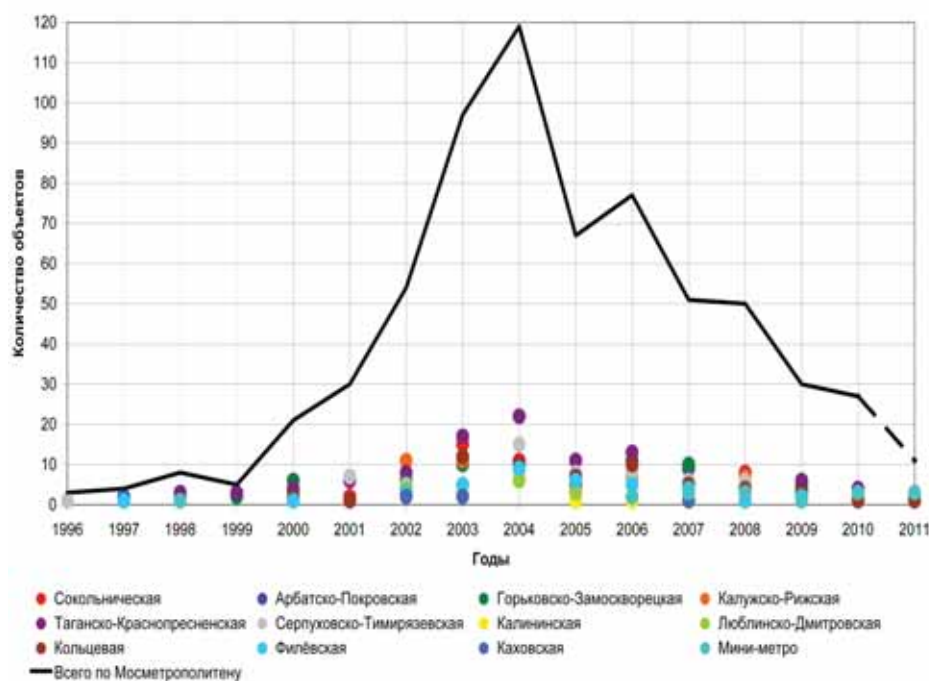
В технических условиях Московского метрополитена обязательным условием согласования возможности возведения нового городского объекта является проведение предварительного (на стадиях проектирования) обследования технического состояния действующих сооружений метрополитена, попадающих в зону влияния строительства, а в период работ – проведение мониторинга их технического состояния с целью своевременного выявления возможного негативного влияния стройки на конструкции и выполнения соответствующих защитных мероприятий.

На графике и в таблице приведены данные по количеству работ по обследованию и мониторингу технического состояния сооружений Московского метрополитена с распределением по линиям метрополитена и по годам в период 1996–2010 гг.

Всего за 15 лет наблюдалось более 650 объектов городского строительства и, соответственно, объектов метрополитена: станции, перегонные тоннели, притоннельные сооружения, шахтные стволы, эскалаторные тоннели и другие сооружения.

Как видно из графика и таблицы, пик городского строительства в технических и охранных зонах метрополитена наблюдался в 2004 г. – около 120 объектов.

В период 2000–2004 гг. рост объемов указанных работ составлял от 23 до 80 %.



Динамика объёмов работ по обеспечению эксплуатационной безопасности сооружений Московского метрополитена в зоне строительства объектов городской инфраструктуры (обследование и мониторинг)

Таблица

Распределение объемов работ по обследованию и мониторингу технического состояния сооружений
Московского метрополитена в период 1996–2010 гг. по линиям метрополитена

	Линии	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Σ
1	Сокольническая	1	–	–	–	2	2	4	15	11	5	10	1	8	3	4	1	67
2	Арбатско-Покровская	1	2	–	–	1	1	6	5	15	11	10	9	6	4	3		77
3	Горьковско-Замоскворецкая	–	–	–	2	6	6	6	10	9	7	11	10	7	5	3		82
4	Калужско-Рижская	–	–	2	–	3	7	11	11	15	8	7	6	7	2	2		81
5	Таганско-Краснопресненская	–	–	3	3	4	6	8	17	22	11	13	4	6	6	4	2	109
6	Серпуховско-Тимирязевская	1	–	–	–	1	7	5	12	15	8	8	6	6	2	2		72
7	Калининская	–	–	–	–	–	–	2	3	7	1	1	2	1	1	3	3	24
8	Люблинско-Дмитровская	–	–	–	–	1	–	4	5	6	3	–	–	1	1	2	1	24
9	Кольцевая	–	1	1	–	2	1	3	12	10	7	10	5	4	3	1		60
10	Филевская	–	1	1	–	1	–	3	5	9	6	5	4	1	2	–	1	39
11	Каховская	–	–	–	–	–	–	2	2	–	–	–	–	1	–	–		5
12	Мини-метро	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	2	3	3	1	3	3	14
	Σ	3	4	8	5	21	30	54	97	119	67	77	51	50	30	26	11	654

В 2005 г. он снизился на 44 %, а в период с 2006 по 2010 г. происходило падение объемов работ от 2 до 10 % в год.

При сохранении выявленной тенденции примерно к 2015 г. работы по указанному направлению прекратятся, что свидетельствует о том, что все территории Москвы, находящиеся в технических и охранных зонах существующих на начало 2011 г. линий метрополитена, будут полностью застроены.

Из рассмотрения таблицы и графика также видно, что наибольшее количество городских объектов сооружалось в зоне Таганско-Краснопресненской линии метрополитена (около 17 %).

Затем идут: Горьковско-Замоскворецкая (12,5 %), Калужско-Рижская (12,4 %), Арбатско-Покровская (11,8 %), Серпуховско-Тимирязевская (11 %), Сокольническая (10,2 %), Кольцевая (9,2 %), Филевская (6 %), Калининская и Люблинско-Дмитровская (по 3,7 %), Мини-метро (2,1 %) и Каховская (0,8 %) линии.

В связи с указанной выше тенденцией сокращения объемов работ по обследованию и мониторингу состояния объектов действующих участков линий метрополи-

тена следует отметить, что если будут реализована Программа по прокладке новых участков и линий метро до 15 км в год, то данное направление научно-исследовательских работ может «возродиться» в связи с появлением новых участков технических и охранных зон.

За последние три года (начиная с 2008 г.) при обследовании и мониторинге технического состояния сооружений метрополитена существенно возрос объем работ по новым направлениям: геофизические исследования и геодезическо-маркшейдерские работы.

Геофизические исследования, в основном, проводились с целью определения качества контактного слоя «грунт – обделка». Однако иногда приходилось выявлять наличие старого шпунтового ограждения в зоне новостроек или старых железобетонных свай по трассе нового строительства.

Геодезическо-маркшейдерские работы имеют своей целью определять перемещения в плане и профиле и деформации эксплуатируемых конструкций метрополитена в их технических и охранных зонах под влиянием возведения новых городских объектов.

Следует отметить, что, начиная с 1996 г. работы по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых сооружений Московского метрополитена, находящихся в зоне строительства новых объектов городской инфраструктуры, составляли 60–80 % объемов научно-исследовательских работ НИЦ «Тоннели и метрополитены» ОАО ЦНИИС и позволили выжить Центру в условиях жесткой конкуренции с другими организациями.

Кроме того, их проведение потребовало резко повысить теоретический уровень исследований напряженно-деформированного состояния подземных конструкций. Для этих целей были приобретены и освоены программные комплексы «PLAXIS-2D», «PLAXIS-3D», «FLAC-3D», «Z-SOIL». В результате возросла достоверность прогнозов влияния нового строительства на напряженно-деформированное состояние конструкций метрополитена.

В заключение следует отметить, что эти работы в большей степени способствовали безаварийному сооружению новых объектов городской инфраструктуры в Москве в технических и охранных зонах метрополитена.



ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

В. Н. Дейнего, руководитель проекта ООО «Новые технологии»

В. А. Курышев, главный технолог Международной Ассоциации «Метро»

М. В. Скраган, директор по развитию ООО «Комплексные Технологии Безопасности»

Ведущие страны мира переходят на энергосберегающие источники света. Россия также включилась в этот процесс. Внедрение новых технологий всегда связано с определенными рисками и требует системного анализа их последствий. Вопрос энергосбережения с использованием современных источников света в общих чертах исследован, в то время как вопросы экологической и пожарной безопасности требуют еще обсуждения. Замена отечественных ламп накаливания импортными люминесцентными и светодиодными лампами порождает ряд технических и социально-экономических проблем в сфере безопасности и, в частности, пожарной. Главная проблема – как повлиять конструктивные особенности импортных энергосберегающих ламп и их массовое применение на статистику пожаров в России. Оценку такого влияния проведем, проанализировав вероятностную модель возникновения пожара в системах освещения (при анализе использованы термины теории пожарных рисков).

Основные понятия теории пожарных рисков представлены в табл.

Пожар – это маловероятное событие, но если оно происходит – всегда катастрофа для конкретного человека.

Он всегда начинается в локальном объеме (очаге пожара) и обусловлен причинами (опасностями), которые реализуются через пожарные риски. Очень опасны неуправляемые пожарные риски, которые сводят на нет все усилия по обеспечению пожарной безопасности электротехнических изделий.

Согласно данным МЧС в 2008 г. произошло 200386 пожаров. В результате погибло 15165 человек, из них 584 ребенка, травмы получили еще 12800 человек. В отчетах МЧС отдельно выделены электроустановки жилых и административных зданий. Именно в жилом секторе происходит наибольшее число случаев возгораний из-за теплового проявления электротока в результате короткого замыкания в электроустановках и в электросетях. Среди техногенных причин пожаров достаточно велико влияние «человеческого фактора» – неуправляемого пожарного риска, так как именно люди допускают небрежность или неграмотность при монтаже, установке и эксплуатации (нарушение регламента технического обслуживания) различных электротехнических изделий и, в том числе, аппаратов защиты сети.

Для обеспечения пожарной безопасности в нашей стране на федеральном и регионально-отраслевых уровнях действует целый ряд нормативных документов, в которых задаются требования к пожарным рискам и способам управления ими. В основе всех документов лежит ГОСТ 12.1.004-91 «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ». Общие требования, который был введен в действие в 1992 г. Согласно данному документу: «Объекты должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений на требуемом уровне. Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей с помощью указанных сис-

тем должен быть не менее 0,999999 предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более 10^{-6} воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека».

Исходя из этих требований, определили значение допустимой величины вероятности пожара при применении электротехнических изделий на объектах. Однако это было до 1992 г., и тогда исходили из того, что на объектах (например, в жилом секторе) находится единичное количество электротехнических изделий, а освещение осуществляется простыми (несложными) лампами накаливания. В настоящее время общее количество электроламп по стране приближается к 1 млрд штук (по оценкам экспертов, в жилом секторе лампы накаливания составляют 97 %, люминесцентные – 2,8 %, а компактные люминесцентные – 0,03 %).

При переходе на энергосберегающие технологии сложность осветительной системы объекта возрастает в десятки, а то и сотни раз. Это обусловлено тем, что энергосберегающая лампочка в десятки раз сложнее лампы накаливания, т. к. для ее нормального функционирования необходимы электронные полупроводниковые блоки (электронный балласт или пускорегулирующий аппарат), которые имеют разные уровни сложности и защиты в зависимости от производителя лампы.

Таблица

Понятие	Определение основных понятий	Обозначения
Опасность	Явление любой природы (физической, химической, биологической, экономической, социальной и др.), способное нанести вред обществу, окружающей среде и объекту защиты. Пожар – это неуправляемый процесс горения, который приносит вред человеку и окружающей среде.	Множество пожароопасных факторов A, B, C
Риск	Количественная характеристика возможности реализации конкретной опасности или ее последствий, измеряемая, как правило, в соответствующих единицах теории вероятности. Пожарный риск – количественная характеристика возможности реализации пожарной опасности (и ее последствий).	Ra, Rb, Rc,...
Управление риском	Разработка комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), дающих возможность снизить значение данного риска до допустимого уровня R*. Управление пожарным риском – разработка и реализация комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), позволяющих уменьшить значение данного пожарного риска до допустимого (приемлемого) уровня.	$R. < (i = A, B, ...)$
Безопасность	Состояние объекта защиты (системы), при котором значения всех рисков не превышают их допустимых уровней. Пожарная безопасность – состояние объекта противопожарной защиты, при котором значения всех пожарных рисков не превышают их допустимых уровней.	$n * R * R *$

Принято, что сложность технической системы измеряется количеством примененных функциональных элементов, а оценка пожарной опасности системы измеряется их количеством, для которых определяется интенсивность пожароопасных отказов. По ГОСТ 12.1.004-91 – это комплектующие изделия (резисторы, конденсаторы, транзисторы, диоды, варисторы, семисторы, микросхемы, трансформаторы, клеммные зажимы, реле и т. д.), допущенные к использованию, если они отвечают требованиям пожарной безопасности соответствующих нормативно-технических документов и для них определены интенсивности пожароопасных отказов, необходимые для оценки вероятности возникновения пожара в конечном изделии.

Исходя из новых реалий, – массового перехода на сложные энергосберегающие лампы, уровень требования к вероятности возникновения пожара в одном электротехническом изделии, возможно, будет пересмотрен в сторону ужесточения. Обеспечить такой высокий уровень требований, идя только по пути традиционных способов и методов обеспечения пожарной безопасности, очень сложная и, в ряде случаев, если при этом усиливается степень влияния неуправляемых пожарных рисков, невыполнимая задача. Для определения новых способов по обеспечению возросшего уровня пожарной безопасности системы освещения рассмотрим вероятностную модель возникновения пожара и оценим возможности по управлению пожарными рисками, которые входят в эту модель.

На объектах для обеспечения надежного освещения все источники света в электрической схеме включены параллельно, но, с точки зрения пожарной опасности, они и их провода электросети включены последовательно. Возгорание любого элемента может привести к пожару на объекте в целом.

В общем случае возможность не возникновения пожара в системе освещения определяется следующим выражением:

$$P = \prod (1 - Q_{1n}) \cdot \prod (1 - Q_{2nj}), \quad (1)$$

где Q_{1n} – вероятность возникновения пожара от n -энергосберегающего источника света;

Q_{2nj} – вероятность возникновения пожара в сети при работе вторичного источника питания энергосберегающих ламп при совместной работе в j -группе.

Согласно ГОСТ 12.2.004-91 «Вероятность возникновения пожара в (от) электрическом (го) изделии(я) является интегральным показателем, учитывающим как надежность (интенсивность отказов) самого изделия и его защитной аппаратуры (тепловой и электрической), так и вероятность загорания (достижения критической температуры) его частей, поддерживающихся конструкционными материалами или веществами и материалами».

Вероятность возникновения пожара в электротехническом изделии (энергосбере-

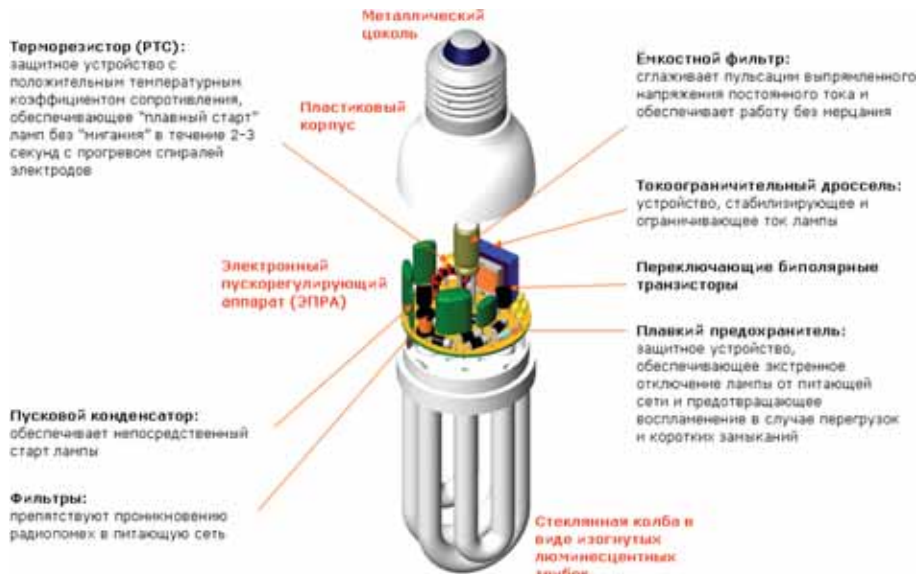


Рис. 1. Типовая конструкция люминесцентной энергосберегающей лампы

гающей лампе) определяется следующим выражением:

$$Q_n = 1 - \prod_{i=1}^{4n} (1 - Q_i Q_i Q_i Q_i), \quad (2)$$

где Q_{npi} – вероятность возникновения i -го аварийного пожароопасного режима в составной части изделия (отказа комплектующих элементов и возникновения КЗ, перегрузки, повышения переходного сопротивления и т. п.), 1/год;

Q_{nzi} – вероятность того, что значение характерного электрического параметра (тока, переходного сопротивления и др.) i -го режима лежит в диапазоне пожароопасных значений;

Q_{nzi} – вероятность несрабатывания аппарата защиты от i -го аварийного пожароопасного режима (электрической, тепловой и т. п.) с учетом его надежности (для изделий бытового назначения учитывается также надежность электрического аппарата защиты бытовых сетей);

Q_{vi} – вероятность достижения горючим материалом критической температуры или его воспламенения (верхняя доверительная граница) при i -м аварийном режиме;

n – количество аварийных пожароопасных режимов.

Порядок определения составляющих вероятностей для каждого i -го режима приведен в ГОСТ 12.2.004-91.

Вероятность Q_{npi} устанавливают на основании данных о надежности. При наличии соответствующих справочных данных Q_{npi} комплектующих элементов изделия может быть определена через общую интенсивность его отказов с введением коэффициента, учитывающего долю пожароопасных отказов (короткого замыкания, обрыва цепи, отказа контактного соединения и др.). Значение коэффициента берется из справочной и нормативно-технической документации на конкретное изделие или может быть вычислено методом экспертной оценки.

Аварийный пожароопасный режим изделия характеризуется величиной пожаро-

опасного диапазона электротехнического параметра, при котором возможно появление признаков загорания, например, короткое замыкание (КЗ) или ток КЗ.

Вероятность несрабатывания аппарата защиты Q_{nzi} Согласно нормативным документам, для элементов узлов и блоков должны быть указаны вероятностные данные их отказа при выполнении защитных функций. Численные значения вероятностных показателей отказа защиты должны быть приведены в технических условиях на данный тип энергосберегающей лампы.

Вероятность воспламенения Q_{vi} ГОСТ 12.2.004-91 рекомендует в качестве критерия оценки пожарной опасности брать критическую температуру.

Рассмотрим, в какой степени мы можем влиять на пожарные риски модели вероятности возникновения пожара в электротехническом изделии типа лампочки накаливания, люминесцентной энергосберегающей лампы и светодиодной (светильник).

Технология изготовления ламп накаливания отработана и нормируется отечественными стандартами. Лампа накаливания является дешевым и неремонтопригодным изделием. Конструктивно она состоит из нити накала и патрона. При перегрузках первая перегорает как предохранитель. При включении лампы в электрической сети создается дополнительная импульсная токовая нагрузка. При параллельном включении суммарные импульсные токи могут достигать значительной величины, что приведет к импульсному разогреву проводов сети и переходных клемм выключателей, что требует применения в сети дополнительных электромеханических или полупроводниковых автоматов защиты.

Люминесцентная энергосберегающая лампа имеет более сложную конструкцию. В ее патроне спрятано целое электронное устройство с повышенным напряжением (от 300 до 1000 В). На рис. 1 приведена типовая конструкция такой лампы и указано функ-

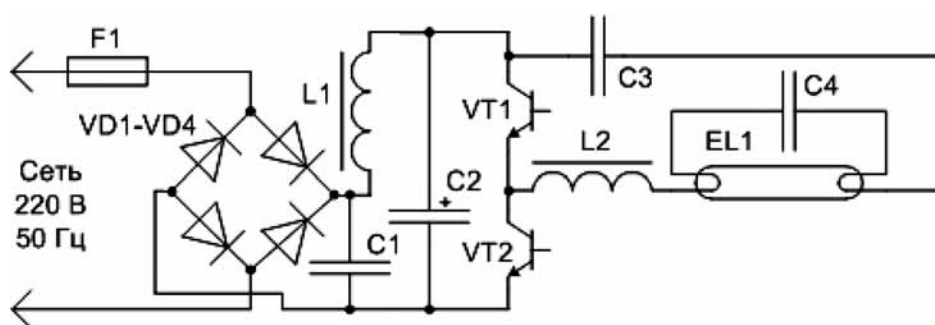


Рис. 2. Типовая электрическая схема подключения энергосберегающей лампы



Рис. 3. Пришедшие в негодность энергосберегающие лампы

циональное назначение примененных комплектующих изделий.

Наиболее типичными отказами энергосберегающих ламп являются:

- перегорание нити накала и взрыв баллона;
- тепловые и электрические виды пробоев диодов, транзисторов и конденсаторов и т. п.;
- обрывы проводников и т. п.

Не применение или удаление плавкого предохранителя в такой лампе, обеспечивающего экстренное её отключение от питающей сети в случае перегрузок в ней, либо коротких замыканий, может привести к воспламенению лампы (светильника). Интенсивность отказов полупроводниковых структур резко возрастает при перегреве энергосберегающих ламп из-за низкого качества электроэнергии в первичной сети. Все это неуправляемые факторы риска, так как всецело зависят от технической грамотности потребителя.

На рис. 2 приведена типовая электрическая схема энергосберегающей лампы. В лампах конкретных производителей может быть больше или меньше элементов, но во всех отсутствует их резервирование.

Структурная схема её надежности представляет собой цепочку последовательно соединенных элементов. Она зависит от величины интенсивности отказов её элементов и элементов защиты типа «КЗ» или «обрыв». Последний для элементов защиты (кроме предохранителя) является пожароопасным для изделия в целом.

Истинную статистику отказов энергосберегающих ламп знают специалисты, занимающиеся их ремонтом и восстановлением. Для службы МЧС эпоха «электрических жуков» возвращается, но только на уровне узлов энергосберегающих ламп. Анализ имеющихся данных показывает, что отказывают все типы энергосберегающих ламп и от всех производителей (рис. 3).

Полноценных отечественных производителей энергосберегающих ламп на сегодняшний день просто не существует. Поэтому доминирующее положение на российском рынке занимают зарубежные аналоги и, в первую очередь, Китайской Народной Республики. Не мудрено, что 100 % энергосберегающих ламп бытового назначения (примерно 40 млн шт. в год), импортируется в Россию из разных стран, большая часть которых представляют лампы низкого качества

ва неизвестных производителей. Причем русскоязычное название продукта не является обязательным показателем отечественного изготовителя.

Положение с надежностью энергосберегающих ламп усугубляется потерей контроля над системой обеспечения их качества у производителей, а также человеческим фактором и социально-экономическими причинами (факторами).

Низкая надежность таких ламп при их ремонтопригодности и высокая цена на них приводят к теневому обороту на рынке отремонтированных и контрафактных изделий.

Светодиодные источники света еще более чувствительны к тепловым перегревам и качеству электрической энергии в первичной сети. Поэтому для обеспечения оптимальной работы такого источника требуются дополнительные электронные устройства: защитные элементы, драйверы, блок питания, что обуславливает большую сложность осветительной системы. На рис. 4 представлена типовая схема подключения светодиода к сети переменного тока, а на рис. 5 – схема включения элементов защиты.

Указанные электрические схемы имеют большую сложность, чем люминесцентные энергосберегающие лампы. Это значит, что в ней больше элементов с пожароопасными отказами. При этом для элементов узлов и блоков, выполняющих функции электрической защиты, должны быть указаны вероятностные данные их отказа при выполнении защитных функций. Численные значения вероятностных показателей отказа защиты должны быть приведены в технических условиях на данный тип светодиодных ламп или светильников. Отказы защитных элементов типа «обрыв» также являются пожароопасными для системы в целом. В отличие от люминесцентных ламп в России есть немало отечественных производителей светодиодных ламп и светильников. При разработке они руководствуются отечественными стандартами по обеспечению пожарной безопасности. Светодиод является токовым прибором, и они надежно работают в низковольтных цепях постоянного тока (в мире Эдисона). В цепях переменного тока (в мире Н. Теслы) для надежной работы светодиодов нужны элементы защиты и вторичные источники питания.

Рассмотрим проблему влияния последних на пожарную безопасность электросети переменного тока.

Электронное пускорегулирующее устройство, интегрированное в цоколь каждой энергосберегающей лампы, импульсные источники питания светодиодных светильников, некоторые балласты, особенно несложные (дешевые) электронные, являются источниками высших гармоник тока промышленной частоты 50 Гц. Их присутствие в сети может вызывать нежелательные эффекты в электрической цепи, которые при массовом применении на объекте способны суммироваться в нулевом проводе. Высшие гармонические составляющие в токах нелинейных

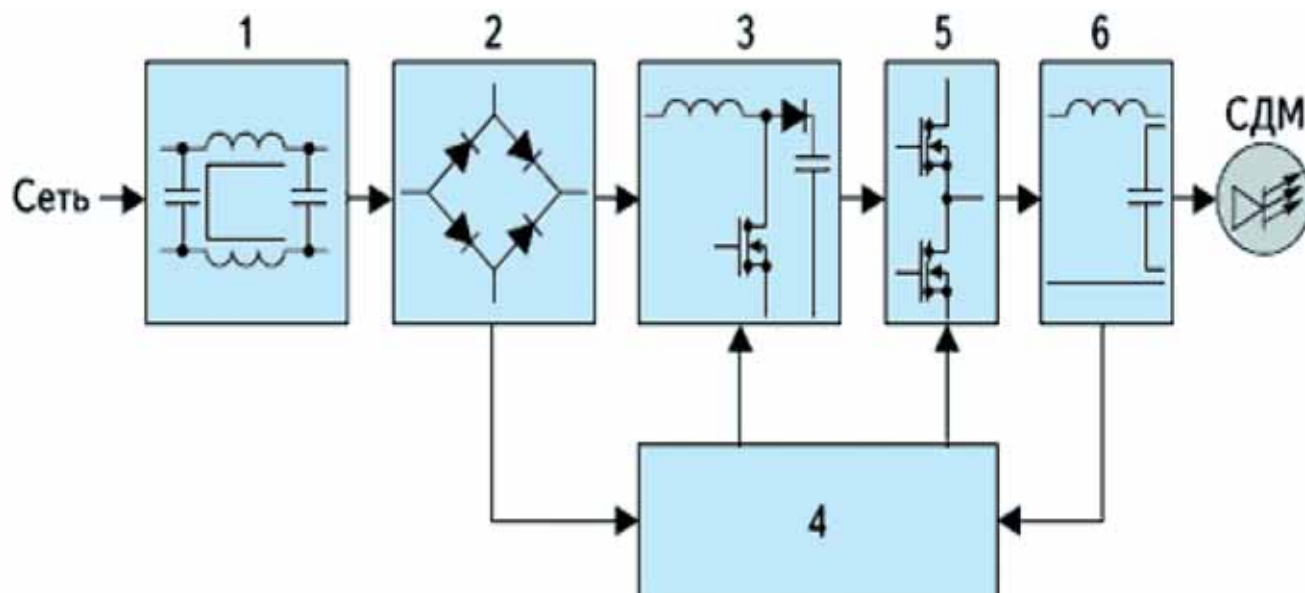


Рис. 4. Структурная схема ППБП: 1 – входной фильтр подавления высокочастотных помех, 2 – выпрямитель, 3 – корректор формы потребляемого от электрической сети тока, 4 – управляющий каскад, 5 – усилитель мощности, 6 – выходной каскад

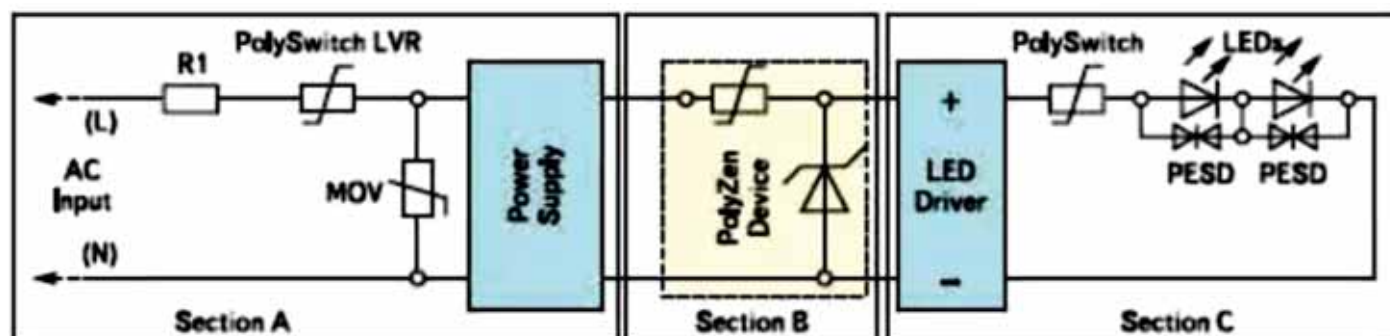


Рис. 5. Принципиальная схема светодиодного освещения с элементами защиты

электропотребителей (токи 3-й и 5-й гармоник газоразрядных ламп составляют 10 и 3 % от тока 1-й гармоники) совпадают по фазе в соответствующих линейных проводах сети и, складываясь в нулевом проводе сети 380/220 В, обуславливают ток в нем, почти равный току в фазном проводе. Из-за этого возможен перегрев и разрушение нулевых рабочих проводников кабельных линий вследствие их перегрузки, т. к. существующие системы электроснабжения (систем освещения) проектировались только под линейную нагрузку (лампы накаливания), т. е. потребляемый электроприемниками ток содержал лишь основную гармонику (50 Гц), следовательно, в нулевом рабочем проводнике он не мог превосходить ток в наиболее нагруженной фазе, и защита на фазных проводниках одновременно защищала от перегрева и нулевой рабочий проводник. Поэтому при определении длительно допустимых токов по условиям нагрева проводов и кабелей, нулевой рабочий проводник четырехпроводной системы трехфазного тока, а также заземляющие и нулевые защитные проводники в расчет не принимаются, поскольку ток в этих проводниках при наличии линейных электропотребителей существенно меньше токов в фазных проводниках. При переходе на энергосберегающие лампы имеем нелинейных электропотребителей, и то-

ки в нулевых рабочих проводниках будут превышать фазные (предельно – в 1,73 раза, когда ширина импульса тока равна 60 электрическим градусам).

Проблема не уникальна. Все страны на определенном этапе концентрации внешних источников питания (ВИПов) компьютерной техники сталкиваются с ней, и вынуждены кардинально менять технические регламенты эксплуатации, нормы проектирования, разрабатывать соответствующую базу стандартов.

В случаях, когда мощность нелинейных электропотребителей не превышает 10–15 %, каких-либо особенностей в эксплуатации системы электроснабжения, как правило, не возникает. При превышении указанного предела следует ожидать появления различных проблем в эксплуатации и последствий, причины которых не являются очевидными. В зданиях, имеющих долю нелинейной нагрузки свыше 25 %, отдельные проблемы могут проявиться сразу. При массовом переходе на люминесцентные энергосберегающие лампы не останется линейных активных нагрузок. Массовое применение ВИПов в осветительных светодиодных системах обостряет проблему влияния их работы на техническое состояние первичной сети и на ее пожаробезопасность и вероятность возгорания в целом. При совместной параллельной

работе ВИПов светодиодных светильников возможна ситуация, при которой суммирующиеся значения тока на той или иной гармонике превысят допустимое значение, которые указаны ГОСТ Р 51317.3.2-99 «Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе)». В нем также представлены пределы для каждой из гармоник вплоть до 2 кГц, увеличение которых является недопустимым.

Основными формами воздействия высших гармоник на электросеть являются:

- увеличение токов и напряжений гармоник вследствие параллельного и последовательного резонансов;
- снижение эффективности процессов передачи и использования электроэнергии;
- снижение cos ϕ ;
- завышение требуемой мощности электрических установок;
- старение изоляции электрооборудования и сокращение вследствие этого срока его службы;
- ложное срабатывание автоматических выключателей и УЗО.

С точки зрения обеспечения пожаробезопасности важно решение проблемы cos ϕ и старения изоляции проводов. В большинстве стран Европы действуют законы, предписывающие обязательное использование кор-

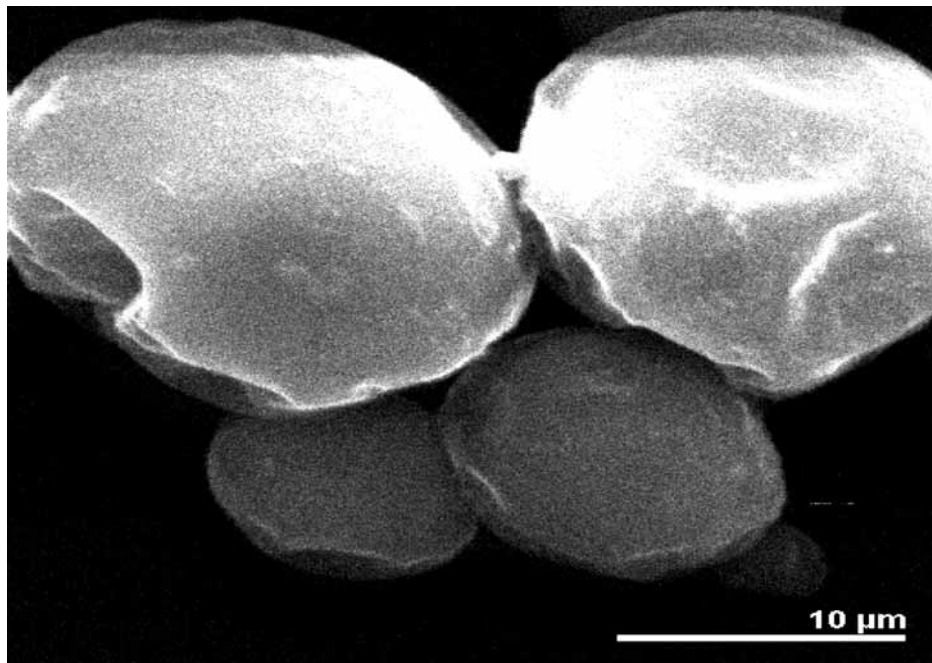


Рис. 6. Микрокапсулы

ректоров коэффициента мощности ($\cos \varphi$) на входе импульсных источников вторичного электропитания (ИВЭП) с выходной мощностью свыше 300 Вт (в США и Канаде – свыше 75 Вт). Новый европейский стандарт EN 61000-3-2 требует, чтобы любое оборудование, имеющее входную мощность от 55 до 75 Вт и выше, соответствовало требованиям низкого уровня гармонических составляющих входного тока от второй до сороковой. Введение подобных законов объясняется не столько стремлением улучшить гармонический состав потребляемого напряжения промышленной сети, сколько требованиями пожаробезопасности. Существенная нелинейность тока потребления импульсных ИВЭП приводит к увеличению тока в нейтральном проводе до уровня, превышающего действующее значение токов в линейных проводах. Учитывая, что, как правило, нулевой провод имеет меньшее сечение, чем линейные, а также то, что эту нагрузку по току никто «не заметит», так как на нейтральном проводе не устанавливают измерительных приборов и его по правилам техники безопасности запрещено защищать плавкими или автоматическими предохранителями, становится очевидной возможность возникновения пожара. Указанные пожарные риски относятся к управляемым, если о них знает разработчик системы освещения объекта.

Риски возникновения и развития «электропожаров», безусловно, поддаются управлению. Целый комплекс методов и устройств, включая специальные системы защиты от коротких замыканий (пожары от которых составляют значительную часть всех «электропожаров»), смогут существенно снизить значения рисков для всей этой группы пожаров. Но не исключить полностью.

Проведенный качественный анализ степени воздействия на пожарные риски для люминесцентных энергосберегающих ламп показал, что на них в значительной степени

влияют социально-экономические и человеческие факторы, которые принадлежат к числу неуправляемых пожарных рисков. Эти факторы всегда будут сводить на нет все усилия по повышению уровня пожарной безопасности люминесцентных энергосберегающих ламп.

В рассматриваемой вероятностной модели (2) возникновения пожара мы не рассмотрели *степень возможного управления пожарным риском $Q_{\text{в}}$* . В общем плане способы влияния на него оговорены в нормативных документах. Например, ГОСТ 12.2004-91 содержит общие рекомендации по обеспечению пожарной безопасности и в частности в п. 2.1. «Предотвращение пожара должно достигаться предотвращением образования горючей среды и (или) предотвращением образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания», а в НПБ 247-97 «Электронные изделия. Требования пожарной безопасности» в п. 2.6. «Для ограничения распространения горения по конструкции и за пределы электронного изделия должны применяться противопожарные кожухи. Допускается применять другие конструктивные решения, исключающие распространение горения».

Содержание этих пунктов говорит о том, что в модели (2) вероятность достижения горючим материалом критической температуры или его воспламенения ($Q_{\text{в}}$) должна быть равна нулю. Раньше реализовать это требование в малом (микро) объеме было сложно. Сейчас это можно реализовать, если применить техническое решение, в основе которого лежит концепция самосрабатывающего «микро-огнетушителя».

Из сказанного выше по конструкциям энергосберегающих ламп вытекает следующее:

- у всех энергосберегающих ламп и светильников пожароопасные электронные блоки имеют свой корпус;

- корпуса электронных блоков имеют достаточно просторный подкорпусной объем.

Исходя из этого, делаем вывод, что подкорпусной объем электронных блоков энергосберегающих ламп позволяет устанавливать внутри корпуса локальный «микро-огнетушитель», который при достижении в подкорпусном объеме температуры возгорания срабатывает, изменяет состав воздушной среды, и в ней вероятность возгорания становится равна нулю. Согласно модели (2) – вероятность возникновения пожара также равна нулю.

Самосрабатывающий «микро-огнетушитель» – это микрокапсула с полимерной оболочкой микронных размеров, в которой находится высокоэффективный тушащий агент. На рис. 6 представлены эти микрокапсулы.

При воздействии огня или температуры свыше 120 °C оболочки капсул разрушаются, активное вещество высвобождается и тушит огонь.

Каждая микрокапсула является микросистемой хранения и определения момента подачи высокоэффективного тушащего агента. Таким образом, миллионы капсул работают как интеллектуальная система пожаротушения. На их основе можно создавать уникальные покрытия и материалы, обладающие свойствами активного огнетушения.

На основе данного подхода было разработано микро-средство огнетушения типа АСТ15.1. Оно представляет собой принципиально новое средство огнетушения, разработанное специально для защиты от возгораний в малогабаритных пожароопасных объектах, таких как объемы электронных блоков (изделий) и распределительные щиты, в которых могут устанавливаться вторичные блоки питания светодиодных светильников. Средство АСТ 15.1 работает полностью автономно, что достигается за счет использования активных микрокапсулированных компонентов. Активные компоненты состоят из высокоэффективного тушащего агента, помещенного в микрокапсулы – полимерные оболочки микронных размеров. В обычных условиях агент надежно хранится в капсулах, полностью изолирован от внешней среды, не испаряется и не газит. При воздействии температуры свыше 120 °C оболочки капсул разрушаются, происходит выброс тушащего агента и полное подавление очага пожара в объекте. Таким образом, средство АСТ 15.1 сочетает в себе функции датчика, системы хранения, подачи вещества и прочих элементов систем автоматического пожаротушения. Средство АСТ 15.1 обеспечивает эффективную защиту от возгораний в объектах объемом до 15 л. Срок годности – пять лет с момента выпуска. Это около 45 тыс. ч хранения в составе энергосберегающего светильника. Такой срок годности удовлетворяет современным требованиям по наработке энергосберегающих ламп и светильников, и гарантированно будет обеспечивать высокие требования к их пожарной безопасности.





ЯПОНСКИЕ ДРЕНАЖНЫЕ НАСОСЫ

Погружные насосы "Tsurumi Pump" (Япония) применяются в строительстве тоннелей, шахт и других сооружений, при перекачивании шлама, жидкостей с высоким содержанием песка и твердых частиц, липкого ила, бентонита и там, где необходимо перекачивать загрязненные жидкости с больших глубин.

Надежность насосов Tsurumi подтверждена безотказной работой на многих объектах строительства в России. Насосы эксплуатируются тоннельными отрядами и специализированными строительными организациями по всей стране. На сегодняшний день насосное оборудование Tsurumi Pump не имеет аналогов.

Уникальные преимущества насосов Tsurumi:

Работа «всухую» в течение неограниченного времени!

Сгорание двигателя исключено: все насосы оборудованы би-металлическими датчиками перегрева, автоматически выключающими насос при перегреве и включающими после того как насос остыл

Возможность работы в горизонтальном положении благодаря специальной системе масляного подъемника в конструкции всех насосов

Попадание влаги в корпус насоса исключено благодаря вулканизированному входу электрокабеля

Встроенная функция взмучивания песка, липкого ила, бентонита со дна емкости для эффективной перекачки высокоабразивных жидкостей

Возможность откачки грязной жидкости до 1 мм (модель LSC).



Tsurumi предлагает широкий спектр моделей насосов от 0,4 до 150 кВт.

По всем вопросам просим обращаться к официальному дистрибютору Tsurumi Pump в России:

ООО «ТК «Решетилов и Ко»

115114, г. Москва, Кожевнический проезд, д. 4, стр. 1

тел: (495) 649-8759; факс (495) 640-4989

info@reshetilov.ru <http://www.reshetilov.ru>

ЭЛАСТОМЕРНЫЕ УПЛОТНИТЕЛИ ДЛЯ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Хейко Хёфт (Heiko Hoft), Хольдер Гутшмидт (Holder Gutschmidt), Андреас Динер (Andreas Diener), Phoenix Dichtungstechnik GmbH, Гамбург

Современные технологии устройства блочных обделок включают герметизацию блоков сплошными сжимаемыми уплотнениями, выполняемыми из эластомера. Конструкция эластомерных уплотнений постоянно совершенствуется по мере повышения требований к ним от объекта к объекту. Несмотря на более чем сорокалетний опыт применения таких уплотнений, предел их совершенствования пока не достигнут. Постоянно увеличивающееся давление ценового фактора требует новых технических решений.



Требования к современным межблочным уплотнениям

В настоящее время для герметизации металлических тубингов и бетонных блоков практически во всем мире используют эластомерные сжимаемые уплотнения различных типов, производимые различными изготовителями. В то же время, до сих пор соответствующие единые международные стандарты не выработаны, и требования к этим изделиям, как правило, меняются от объекта к объекту. Тем не менее, уже имеется международный опыт оценки их работоспособности, опубликованный в рекомендациях таких признанных европейских организаций, как Тоннельная ассоциация Великобритании, AFTES во Франции и STUVA в Германии.

Изготовление

Межблочные уплотнения тоннельной обделки изготавливают из эластомера способом экструзии. Материал подвергается вулканизации и приобретает упругость, устойчивую во времени. Угловые участки уплотнений выполняют из этого же материала путем инъекции с помощью форсунок, в результате чего формируется непрерывный контур уплотнения.

Конструкция и материал

Требования к эластомеру

Для изготовления межблочных уплотнений тоннельной обделки обычно используют EPDM (ethylene propylene diene monomer – мономер этилен-пропилен-диена). Это – синтетическая резина, имеющая великолепные характеристики в части старения и химической устойчивости. В 1970-е гг.

именно этот материал наиболее широко применялся для герметизации окон и других элементов зданий в Германии и во многих других странах севера Европы. Это позволило не только быстро поднять уровень качества этих важных конструктивных элементов и ужесточить относящиеся к ним стандарты, но и предложить выгодные ценовые условия.

В конце 1980-х гг. эластомер EPDM начал использоваться в тоннелестроении в качестве материала межблочных уплотнений и его преимущества выявились очень быстро. Он постепенно заменил применявшуюся ранее хлоропреновую резину, главным образом, ввиду повышенной сопротивляемости воздействию озона и лучшей релаксации. До сегодняшнего дня высокие нормативные требования, предъявляемые к герметизации элементов зданий, используются и в технических условиях на межблочные уплотнения тоннельной обделки. Иными словами, требования к физическим свойствам и методам испытания материалов, необходимые для производства межблочных уплотнений, основаны на использовании немецкого стандарта DIN 7863 или его нынешнего аналога EN 12365-1. Опыт внедрения этого материала в тоннелестроении интенсивно изучался в течение 30 лет, что позволяет отметить его высокую сопротивляемость:

- воздействию озона и кислорода;
- старению под воздействием природных факторов;
- высоким температурам (до 150 °C) как в сухой, так и во влажной среде;
- воздействию низких температур (до –50 °C);
- постоянным нагрузкам;

• воздействию агрессивных химических веществ, в особенности органических и неорганических кислот, щелочей, аминов, фосфорных кислот, сложных эфиров, гидравлических жидкостей, антифризов и рассолов;

• хорошие механические характеристики и упругость даже после многолетней эксплуатации, а также гидроизоляционные характеристики.

Наиболее признанные производители межблочных уплотнений применяют материалы на основе EPDM высокого качества, отвечающие требованиям EN 681-1 и опробованные на крупных тоннельных канализационных объектах. Этот европейский стандарт требует устойчивости при pH от 2 до 12.

К отрицательным факторам относятся слабая сопротивляемость воздействию гидрокарбонатов и минеральных масел, а также невысокая огнестойкость. Последняя может быть существенно повышена путем введения соответствующих добавок.

Для объектов со специфическими требованиями (например, обеспечение газонепроницаемости) можно использовать такие эластомеры, как CR или NBR.

Основные требования к канавке

Размеры канавки, в которую укладывается прокладка, зависят, главным образом, от конкретных условий объекта. Основные критерии – максимально допустимый ход (смещение) и зазор, а также расчетное давление воды.

Стремление проектировщиков блоков к уменьшению глубины и ширины канавок сдерживается необходимостью обеспечивать эффективность работы уплотнений. Говоря обобщенно, чем выше требования к со-

оружению, тем больше должны быть размеры канавки и уплотнения.

Параметром, определяющим допустимый ход уплотнителя, является ширина канавки. И здесь чем она больше, тем больше может быть допустимый ход. Принятый зазор зависит от глубины канавки – чем она больше, тем больше допустимый зазор. Глубина канавки тесно связана со свойствами окружающей сооружение среды. После установления требований (зазор, ход, давление воды) в принципе можно приступать к расчету оптимальной конструкции уплотнителя для данных конкретных условий. Однако многолетний практический опыт позволяет рекомендовать типовые размеры канавок для тоннельных объектов различных типов (табл.).

Естественно, что для каждого конкретного объекта геометрические размеры канавки могут быть различными. Для обеспечения сжимаемости профиля его проектируют с продольными пустотами и ребрами. Это необходимо для того, чтобы профиль мог деформироваться. Важно, чтобы объем уплотнения был меньше минимального объема канавки при равенстве нулю хода и зазора. Если площадь сжатого поперечного сечения уплотнения больше, чем минимальная площадь поперечного сечения канавки, возникают значительные усилия сжатия. В предельном случае это может привести к сколам бетона блоков. Проверку площади сечения канавки ведут по схеме, приведенной на рис. 1.

Критерии проектирования

Пример: ширина канавки 44 мм, глубина 12 мм, угол склона 12°.

Площадь поперечного сечения канавки:

$$A_{\text{канавки}} = (\tan 15^\circ \cdot 12 + 44) \cdot 12 = 566,6 \text{ мм}^2.$$

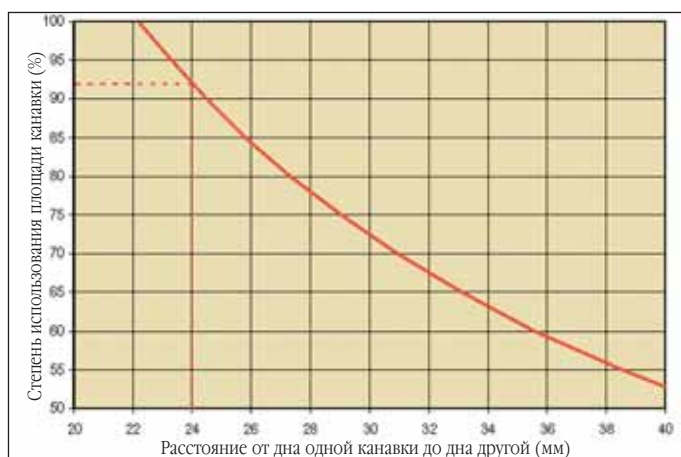
Площадь поперечного сечения профиля: 521 мм².

При полном сжатии (зазор 0 мм, расстояние между днищами канавок 24 мм) использование сжатым профилем площади соединенных канавок определится:

$$\frac{521}{566,6} \cdot 100 = 92,0\% (< 100\%).$$

С учетом допусков размеров канавки и профиля, степень использования площади должна быть между 85 и 95 %, а при 100 % бу-

Рис. 2. Степень использования площади канавки



Данные по типовым размерам канавки

Таблица

Размеры канавки, мм	Максимум			Тип тоннеля (как пример)
	Зазор, мм	Смещение, мм	Давление воды, бар	
26×10	2	10	12	Канализационный, Ø 3–6 м
33×10	3	15	20	Метро, Ø 5–10 м
36×12,5	5	15	14	Автомобильный и железнодорожный, Ø 6–15 м
44×12	6	20	22	Автомобильный и железнодорожный, Ø 8–13 м
46×19	10	20	42	Автомобильный и железнодорожный, Ø 13–15 м

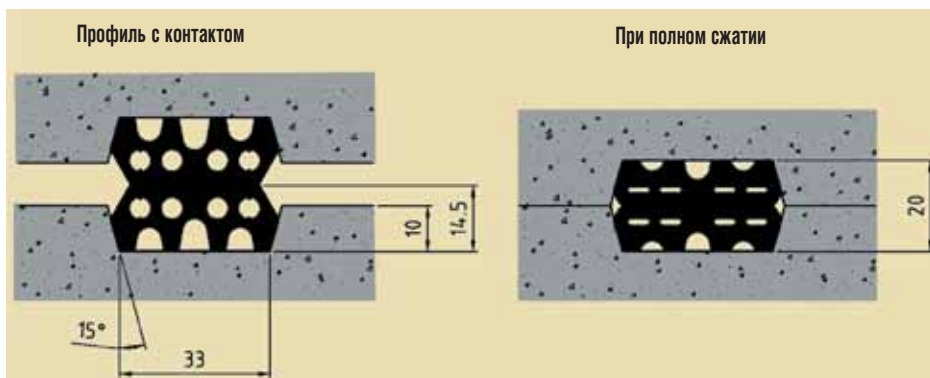


Рис. 1. Площадь канавки

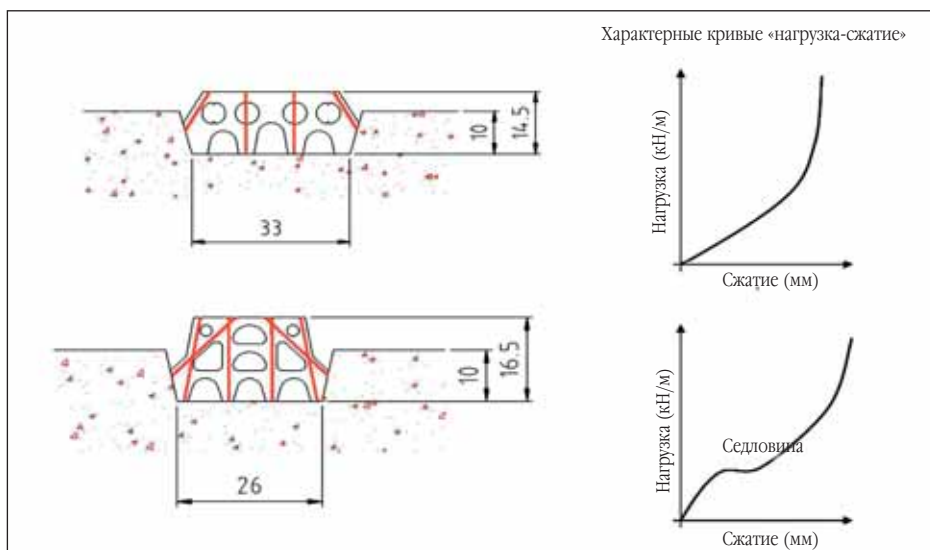


Рис. 3. Профили разных типов и их работа

дут иметь место повреждения и сколы бетона.

Проектирование профиля уплотнения

Профили уплотнения с одним и с несколькими рядами отверстий рассчитываются по-разному. Последние обычно применяют для герметизации швов с большим зазором. Профили любой конструкции имеют ребра, которые

обеспечивают упор профиля в стенки канавки и прижатие его к дну.

Профили с одним рядом отверстий характеризуются равномерностью изменения соотношения «усилие-сжатие», тогда как в случае с несколькими отверстиями кривая зависимости этих параметров имеет так называемое седло, что позволяет оператору укладчика производить установку колец с предварительным сжатием и быстрее. Величина прикладываемого усилия в значительной степени зависит также от прочности материала профиля.

Проектирование углов контура уплотнения

Углы и формируемые ими Т-образные и крестообразные стыки – это наиболее сложные и критически важные места обделки тоннеля.

нелей, выполняемой с использованием блоков. В зоне контакта трех или даже четырех блоков имеет место сложное сочетание величин зазора и сжатия профилей уплотнения.

Углы изготавливают в специальных формах способом инъецирования. Это связано с тем, что они не должны быть простым продолжением профиля прямолинейного участка уплотнения. Для того чтобы обеспечить надежную герметизацию, в чувствительную к деформациям зону угла необходимо уложить материал в повышенном и достаточном объеме. Вдавливаемый дополнительный материал заполняет все пустоты. Движение его идет по всем направлениям.

Однако если размеры канавки назначены слишком большими, могут иметь место локальные пики напряжений, в предельном случае вызывающие сколы в бетоне. Во избежание этого, площадь угловых зон и необходимый объем материала следует уменьшить путем устройства выемок соответствующей формы. При этом следует иметь в виду, что герметичность, а с ней и безопасность сооружения, снижаются с увеличением значений зазора и сжатия. Поэтому надо найти компромисс.

Говоря обобщенно, при твердом материале профиля и углов объем необходимо уменьшить в большей степени, чем при использовании систем из более мягкого материала. Кроме того, практика подтвердила эффективность увеличения высоты угловых элементов.

При проектировании углов повышенное внимание следует уделять скосам и величинам поворота; в особенности это относится к замковым и примыкающим к ним блокам. При скосе $>10^\circ$ надо устраивать углы-адаптеры.

В зависимости от конструкции кольца обделки, применяют уплотнители различных контуров, которые отличаются друг от друга только длиной отдельных участков и, возможно, углами скоса. Фактическую длину контура уменьшают на 1–3 % с тем, чтобы компенсировать строительные допуски и в любом случае обеспечить точную установку уплотнителя и его точную посадку на блок. Если предварительное натяжение $<3\%$, это может создать трудности при посадке уплотнителя, особенно в кольцевой канавке. Предварительное напряжение должно быть одинаковым на всех его сторонах, в противном случае будет невозможно правильно установить углы.

Испытания

Для того чтобы подтвердить соответствие уплотнителя установленным для объекта требованиям по герметичности обделки и сроку службы тоннеля, необходимо в обязательном порядке провести следующие три испытания:

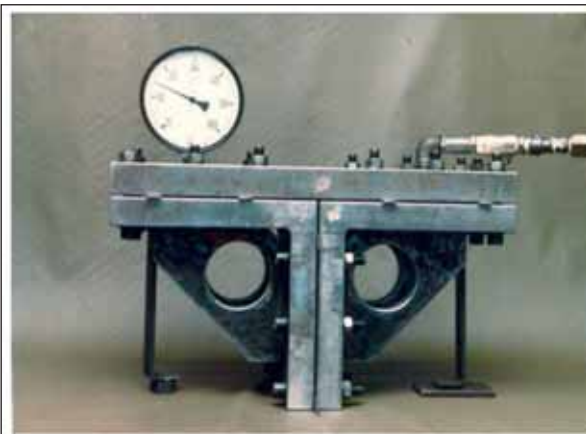


Рис. 4. Испытание на водонепроницаемость

- Т-образных стыков на водонепроницаемость при максимальных величинах зазора и сжатия, при этом давление должно в два раза превышать расчетное с тем, чтобы компенсировать остаточное напряжение (релаксацию) в конце срока службы, а также создать достаточный запас (рис. 4);

- «нагрузка-сжатие», результаты которого дают информацию о том, какие нагрузки необходимо прикладывать для обеспечения полного сжатия уплотнителя и герметизации стыков между блоками;

- «напряжение-релаксация», моделирующее постепенное старение системы в процессе работы после установки в расчетное положение с последующим экстраполированием на расчетный срок службы.

Интегрированные уплотнители специальных профилей

Более сорока лет в тоннелях с блочной обделкой применялись сжимаемые уплотнители, и вот практически подошла к концу разработка профилей с новыми геометрическими параметрами. Рынок предлагает широкий выбор прошедших испытания уплотнителей различного вида и типового поперечного сечения, способных удовлетворять практически всем современным требованиям к строительству тоннельных сооружений.

Иллюстрацией больших возможностей дальнейшего развития этого направления является прогресс в использовании материалов для уплотнителей и в технологии их установки на предприятиях, изготавливающих бетонные блоки. Остановимся на одной из этих технологий.

Все распространенные в настоящее время технологии установки уплотнителей основаны на обеспечении плотного контакта способом наклеивания, что требует принятия дорогостоящих мер по технике безопасности и высочайшей осторожности на всех этапах технологического процесса.

Процедуры наклеивки характеризуются большим разнообра-

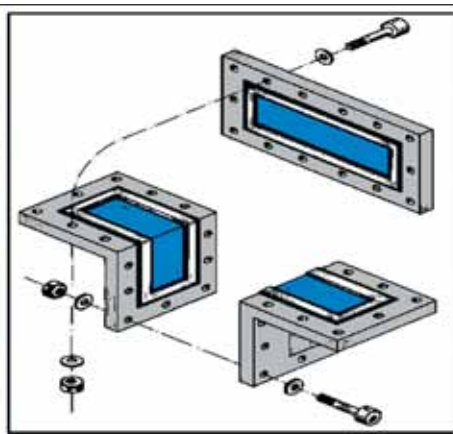


Рис. 5. Процесс наклеивания уплотнителей с использованием пульверизатора



разием применяемых материалов и способов их нанесения. В зависимости от размеров блоков и их количества, а также от производственных условий на заводе сборных железобетонных конструкций, наносят клеящий состав либо кистью, либо, что более технологично и эффективно, с помощью пульверизатора (рис. 5).

В большинстве стран все эти процедуры связаны с трудностями, поскольку им присущ целый ряд недостатков, связанных с дополнительными затратами:

- подготовка канавки для уплотнителя;
- покупка клеящего состава;
- его специальное хранение;
- покупка оборудования для нанесения клеящего состава (пресс-рамы, пульверизаторы и т. д.);
- уход за этим оборудованием;
- большая длительность процедуры;
- утилизация емкостей из-под клеящего состава;
- вентиляция и мероприятия по технике безопасности;
- охрана окружающей среды и здоровья людей (согласование, специальные мероприятия).

Перспектива сделать процесс изготовления блоков значительно более эффективным и решить большинство вышеуказанных проблем связана с технологией интегрированных уплотнителей, которые прочно встраиваются в блок и заанкериваются в не-

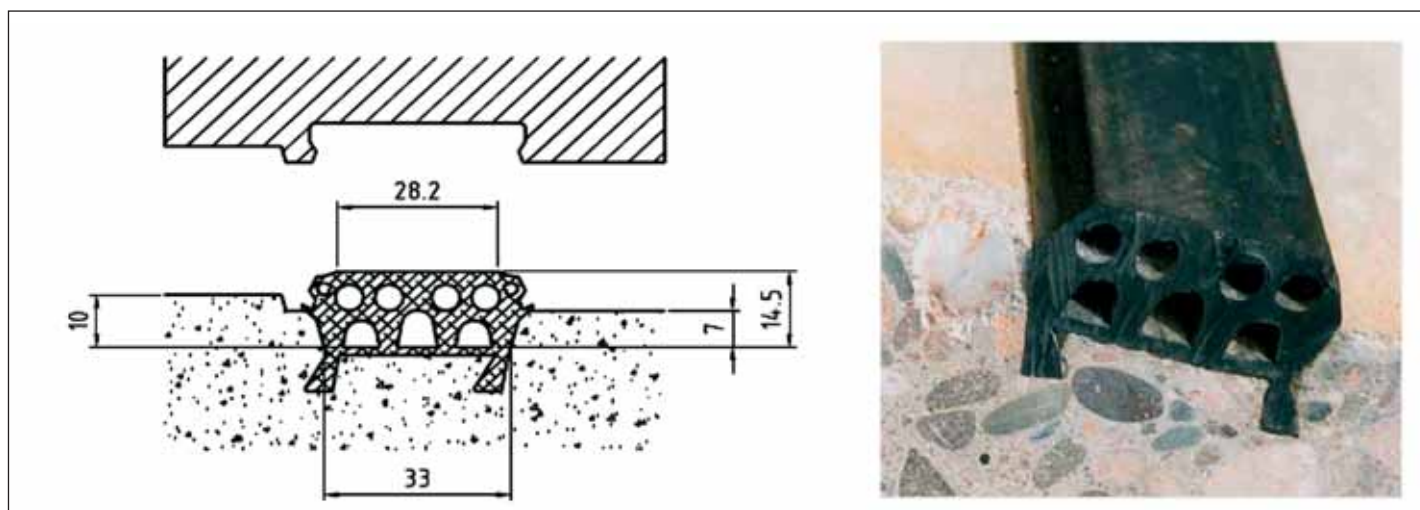


Рис. 6. Интегрированный уплотнитель, заанкеренный в бетон

го в процессе бетонирования (рис. 6). При этом одновременно обеспечивается лучшая герметизирующая способность системы, поскольку достигается более прочное сцепление уплотнителя с блоком и удлиняется путь движения воды над уплотнителем.

Интегрированные уплотнители обеспечивают также более надежную работу системы в кольце, поскольку сопротивление уплотнителя выдергиванию в пять раз выше по сравнению с клеевыми.

Основной проблемой и особенностью технологии, связанной с интегрированными уплотнителями, является совершенно иная конструкция опалубки для блока. Основная идея метода – укладка уплотнителя в опалубку блока до начала бетонирования и закрепление там таким образом, чтобы его положение не изменялось в процессе бетонирования. Дополнительные анкерные опоры, распределенные по длине профиля уплотнения, обеспечивают фиксацию его положения без каких бы то ни было операций после снятия опалубки. Фиксация осуществляется с помощью зажимов и вакуумирования. Новейшие технологии предусматривают использование одних зажимов, что существенно упрощает конструкцию опалубки. В целом, уплотнители всех известных типов можно изготавливать в заанкеренном виде. Для блоков очень больших размеров с соответственно весьма мощными уплотнителями укладка последних в опалубку потребует дополнительных работ. В настоящее время считается, что анкерные уплотнители можно без проблем применять при ширине канавок до 36 мм.

Дальнейшим усовершенствованием таких интегрированных уплотнителей, которые обладают рядом существенных достоинств, в особенности ценным для канализационных тоннелей, являются специальные конструкции для блочных тоннельных систем с внутренней защитной опалубкой (рис. 7). В таких системах интегрированный уплотнитель берет на себя дополнительные функции. После его установки в опалубку блока он помогает надежно удерживать плиту с антикоррозионной защитой в требуемом положении в течение всего процесса бетонирования и не дает



Рис. 7. Изготовление блока с антикоррозионной защитой

раствору протекать в зону за внутренней обделкой. Таким образом, уплотнитель выполняет двойную изоляционную функцию.

После нескольких полевых испытаний такая система была недавно использована при строительстве канализационного тоннеля в России. Там для пилотного тоннеля длиной 500 м было успешно установлено 500 колец, и это стало прецедентом для других объектов.

Заключение

Интегрированные тоннели обладают целым рядом достоинств и могут стать основой следующего поколения технологий герметизации тоннелей с блочной обделкой. В сочетании с блоками, имеющими коррозионную защиту, они обеспечивают более высокую степень безопасности канализационных тоннелей с



Рис. 8. Т-образный стык с внутренней обделкой из стекловолокна и интегрированными уплотнителями

однослойной обделкой. В будущем, возможно, это придаст проектировщикам смелость чаще принимать решение об использовании такой конструкции взамен двухслойной с внутренней обделкой из набрызг-бетона или в виде металлической трубы.

ПРОИЗВОДСТВО ВИНТОВЫХ САМОЗАБУРИВАЕМЫХ АНКЕРОВ В РОССИИ

А. Г. Малинин, к. т. н., А. П. Вакутин, к. т. н., А. Н. Смирнов, ООО «Специальная строительная техника»
Д. А. Малинин, аспирант ПГТУ

В настоящее время в мировой практике получили широкое распространение винтовые самозабуриваемые анкера, выпускаемые известными зарубежными фирмами «ISCHEBECK» (название анкера – TITAN), «DYWIDAG», «BELLOLI» и др.

Их особенностью является совмещение операции бурения скважины и установки анкера. Винтовая поверхность трубчатых тяг обеспечивает надежную прочность контакта анкера с цементной оболочкой его корневой части.

Отметим, что отечественный стандарт (Стандарт организации СТО-ГК «Трансстрой»–023–2007. «Применение грунтовых анкеров и свай с тягой из трубчатых винтовых штанг «Титан». Москва, 2007) позволяет обоснованно рассчитывать винтовые анкера для решения различных задач подземного строительства, таких, например, как крепление бортов котлованов, обеспечение устойчивости склонов и откосов при строительстве автодорог, укрепление породных массивов при сооружении железнодорожных тоннелей и тоннелей метрополитенов, усилении фундаментов и т. п.

Между тем, импорт винтовых анкеров в Россию сопровождается двумя негативными особенностями, о которых знают все руководители отечественных строительных предприятий, – высокой стоимостью, обусловленной дополнительными транспортными затратами и таможенными платежами, а также длительными сроками поставки, составляющими иногда несколько месяцев. Перечисленные финансово-организационные проблемы влияют на удорожание СМР, а также часто приводят к срыву сроков начала возведения объектов.

Учитывая возросшую потребность строительного рынка, специалистами предприятия «Специальная строительная техника» разработана технология производства анкеров «Атлант» с винтовой поверхностью, аналогичной анкерам «Титан».

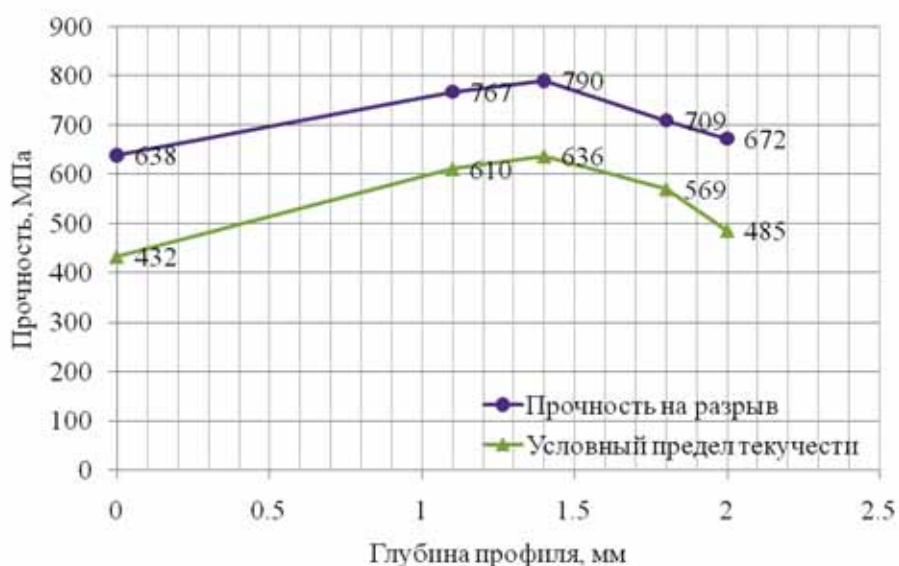
Для накатки винтовой поверхности на толстостенные трубы был выбран двухвалковый профиленкатный станок для холодного проката марки UPWS-125 (Германия). Этот процесс выполняется путем обкатывания наружной поверхности трубы специальными роликами при их одновременном вращении и радиальной подачей одного из них.

Анкерные тяги выпускаются отрезками длиной 1,0 – 2,0 – 3,0 м и соединяются с помощью муфт.

Материал винтовых анкерных тяг

Из предлагаемого ассортимента толстостенных труб, производимых в России, наибольший интерес представляют две марки стали – 40Х и 30ХГСА, которые имеют практически одинаковые прочностные характеристики. Тем не менее, для изготовления анкеров была выбрана сталь марки 30ХГСА, т. к. она подлежит сварке (что иногда бывает важно при соединении анкера с другими стальными конструкциями), а также имеет лучшие показатели по износу и коррозионной стойкости.

Основным фактором, определяющим несущую способность тяг анкера, является площадь его сечения, которая зависит от диаметра и толщины стенки трубы. По результа-



Прочность труб с различной глубиной накатки

там маркетинговых исследований установлено, что наибольшей популярностью в строительстве пользуются анкера, способные выдерживать нагрузку 500–1000 кН, поэтому для их производства были выбраны трубы с внешним диаметром 57 и 73 мм. Уменьшение диаметров часто приводит к проблемам в процессе бурения – полые штанги теряют устойчивость при продольном изгибе и разрушаются в местах соединения с муфтой, а увеличение создает другие проблемы – из-за большого веса требуется

дополнительная краново-манипуляторная техника для подачи тяжелых анкеров на буровую установку.

Вторым фактором, определяющим толщину стенки трубы-заготовки, является ее сопротивление к формоизменению. При малой толщине стенки труба принимает форму, напоминающую гофру, а концы труб – овальную. При большой толщине возрастает сопротивление формоизменению, что приводит к сокращению срока службы дорогостоящих валков.

Таблица

Параметры анкеров

Тип штанги	Внешний диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Площадь сечения, мм ²	Условный предел текучести, МПа	Прочность на разрыв, МПа	Усилие на пределе текучести, кН	Разрывное усилие, кН
57/45	57	45	961	600	790	577	759
57/43	57	43	1100	600	790	660	869
57/41	57	41	1232	600	790	739	973
57/39	57	39	1357	600	790	814	1072
73/55	73	55	1810	600	790	1086	1430
73/53	73	53	1979	600	790	1188	1564

Для исследования перечисленных факторов были проведены пробные накатки труб с различной толщиной стенки. В результате эксперимента был установлен оптимальный диапазон толщины 6–9 мм.

Говоря о прочности стали тяги анкера, следует отметить, что в технической литературе приводятся прочностные характеристики марок стали, как правило, при стандартных режимах термообработки. В действительности прочность стали трубы-заготовки не соответствует табличным значениям, т. к. их изготовление не предусматривает какой-либо термообработки.

Между тем, в процессе накатки структура металла существенно изменяется (происходит наклеп), соответственно, меняются и прочностные характеристики изделия.

Для определения прочности трубы-заготовки в зависимости от интенсивности накатки были проведены экспериментальные исследования. Из труб с различным накатанным профилем были вырезаны продольные образцы и испытаны на растяжение. Результаты испытания представлены на графиках.

Из графиков видно, что без проведения стандартных режимов термообработки условный предел текучести составляет всего 432 МПа, а прочность на разрыв 638 МПа. Интересно, что в процессе накатки прочностные характеристики возрастают и принимают свои максимальные значения (условный предел текучести 636 МПа, напряжения разрыва 790 МПа) при глубине профиля 1,4 мм. Дальнейшее ее увеличение приводит к снижению прочности изделия, что объясняется возникновением внутренних напряжений и требует дополнительной операции по термообработке (отжигу), а это значительно повышает цену изделия.

Применение анкеров

В настоящее время предприятие «Специальная строительная техника» выпускает винтовые анкера различных типоразмеров (таб.).

Практика продаж подтвердила точность прогноза потребности строительного рынка. Наибольшей популярностью пользуются анкера 57/45 мм. Для данного типоразмера



Анкер «Атлант»



Нкатка винтовой поверхности

Производство анкеров





Муфты



Укрепление подпорной стены анкерами «Атлант»

Установка анкеров «Атлант»



относительная стоимость (на единицу нагрузки) оказалась минимальной.

Винтовые анкера выпускаются в соответствии с ТУ 5264-003-70866623-2010 «Анкерные штанги «Атлант» и комплектующие элементы к ним».

В состав комплекта входят:

- штанга винтовая,
- муфта соединительная,
- плита опорная,
- шайба сферическая,
- гайка сферическая,
- буровая головка в виде двух- или трехлопастного долота, в случае бурения по полускальным и скальным грунтам лезвия долотьев имеют вооружение в виде твердосплавных зубьев или износостойкого покрытия, нанесенного газоплазменным способом.

В 2010 г. на всю вышеперечисленную продукцию был получен «Сертификат соответствия ГОСТ Р № 033921».

С помощью данного типа анкеров был возведен ряд объектов в Москве, Сочи, Екатеринбурге, Набережных Челнах, где произведены усиление фундаментов зданий при проходке тоннеля метрополитена, анкерное крепление подпорных стен и ограждений котлованов, усиление фундаментов окружающей постройки при устройстве глубоких котлованов и т. п.

В последнее время специалистами предприятия была проведена модификация конструкции анкеров с целью их использования в технологии струйной цементации. Для этого во все муфты устанавливается дополнительный уплотняющий элемент, выдерживающий давление цементного раствора до 25 МПа, а на нижней тяге анкера – специальный «теряемый» монитор с двумя форсунками. Такая модификация позволила открыть еще одну перспективную область применения – устройство микросвай с помощью струйной цементации.

В заключение отметим, что предприятие «Специальная строительная техника» изготавливает все необходимое технологическое оборудование для устройства анкеров или анкерных свай «Атлант»:

- станцию миксерную СМ-40/90 (объем миксера 400 л, объем накопителя 900 л),
- станцию миксерную СМ-200/50 (объем миксера 200 л, объем накопителя 500 л),
- насос цементировочный ГРН50 (производительность 50 л/мин) при максимальном давлении 1,5 МПа,
- насос цементировочный высоконапорный VIP-100/100 (двухскоростной, максимальная производительность – 100 л/мин, максимальное давление 10 МПа).

Для устройства микросвай «Атлант» в стесненных условиях применяется малогабаритный буровой станок «Figaro Maschine FM-400» с крутящим моментом 4400 кНм высотой мачты 2000 мм. Этот же станок может быть легко установлен на экскаватор для устройства анкерно-нагельного крепления откосов или обделок тоннелей.





Грунтовые анкера **АТЛАНТ**

Винтовые



Прядевые



Фибerglassовые



Применение:

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

УСИЛЕНИЕ ВЫРАБОТКИ И ЯДРА ЗАБОЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА A.DE.CO-RS

Пьетро Лунарди, проф., компания «Lunardi»

Андреа Беллоккио, менеджер проектов компании «Rocksoil S.p.A.»

Марина Рослякова, менеджер по маркетингу, ООО «ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ»

Карла Л. Дзенти, руководитель технического отдела компании «Elas Geotecnica S.r.l.»

MACCAFERRI

Метод A.DE.CO.-RS (управление деформацией грунтов на основе анализа деформационных параметров) – результат развернутого экспериментального и теоретического исследования под руководством проф. Пьетро Лунарди, которое компания «Rocksoil» (г. Милан) начала более 30 лет назад. Компании потребовалось лишь несколько лет, чтобы стать лидирующей в своей сфере.

Исследования компании «Rocksoil», ее разработки, успешное внедрение эффективных инновационных технологий, которые на сегодняшний день считаются основными в сфере укрепления и стабилизации грунта, способствуют ее постоянному росту. Богатый опыт, приобретенный ее экспертами, сделал эту итальянскую компанию лидером в области городских инженерных проектов подземных работ, специальных фундаментов и стабилизации, важной особенностью которых остается выемка грунта и оползни. Методы проектирования и строительства компании «Rocksoil» широко используются в Италии и становятся все более популярными за рубежом. К ним все более часто обращаются при обновлении стандартов и спецификаций (A.DE.CO.-RS).

Цель работы заключалась в установлении связи между изменениями напряженного состояния грунта, вызванными проходкой тоннеля, и последующей деформационной реакцией грунта. В результате проведенного исследования были получены следующие результаты:

- проявления деформационной реакции начинаются впереди лба забоя, а именно, в ядре и продолжаются в направлении, обратном проходки; при этом речь идет об экстрюзии – предварительной конвергенции и конвергенции – последнего этапа очень сложного деформационного процесса;
- существует непосредственная связь между деформационной реакцией, происходящей в зоне лба забоя (экстрюзия, предварительная (начальная-ТН) конвергенция), и деформацией забоя (конвергенция), т. е. вторая является прямым следствием первой. Отсюда следует, что необходимо проводить мониторинг зоны лба забоя, не ограничиваясь зоной самого забоя или выработки;
- оказалось возможным контролировать деформацию зоны лба забоя реакцией в ней и, как следствие, контролировать также уровень деформации забоя (конвергенция), изменяя устойчивость его ядра, применяя меры по ее защите и усилению (рис. 1).

Именно эти факты легли в основу метода A.DE.CO.-RS.

Главная особенность метода A.DE.CO.-RS состоит в том, что при проектировании основное внимание уделяется деформацион-

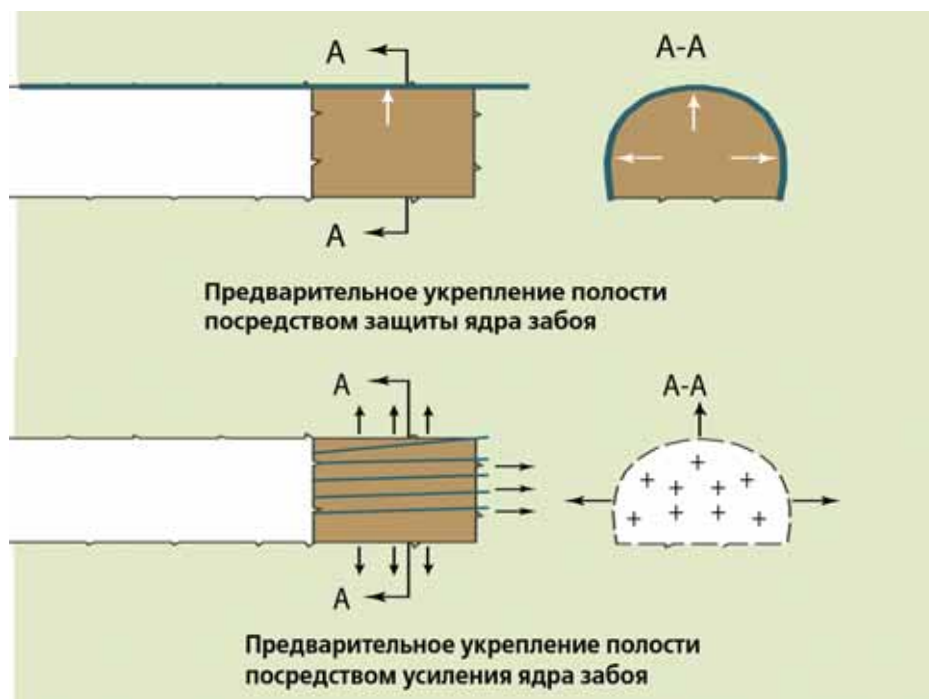


Рис. 1. Предварительное укрепление для контроля деформации

ной реакции грунта в ответ на проведение проходческих работ. Вначале на основании определенного инструментария (полевые испытания и лабораторные исследования, математические модели и т. п.) проводится анализ параметров потенциальной деформационной реакции. Полученные результаты позволяют определить реальную картину будущей деформации (выработать относительно нее соответствующие предсказания) и разработать меры управления этой реакцией с помощью определенных стабилизационных процедур.

В отличие от традиционных подходов, при которых во внимание принимаются только те деформационные процессы, которые происходят позади лба забоя (рис. 2), способ A.DE.CO.-RS предполагает очень тщательное отслеживание параметров деформационной реакции сразу с первых ее проявлений, происходящих впереди лба забоя и естественным образом продолжающихся по мере распространения процесса в зоне позади лба забоя.

Таким образом, способ A.DE.CO.-RS позволяет контролировать деформационную

реакцию, воздействуя в первую очередь на зону впереди лба забоя и не ограничиваясь при этом лишь простыми методами укрепления, используемыми при традиционных подходах. В частности, предварительное укрепление производится путем использования зоны (ядра) грунта впереди лба забоя (при необходимости укрепленной в результате применения стабилизационных мер) в качестве структурного элемента для стабилизации тоннеля в процессе проходки. Таким образом, метод A.DE.CO.-RS способен успешно справиться с любыми грунтовыми и используется в любых деформационных условиях.

Применение данного метода дает возможность:

- провести четкую грань между этапами проектирования и строительства, определяя (предсказывая) уже на стадии проектирования возможные варианты типовых сечений. Таким образом, появилась возможность установить не только геологический и геоморфологический контексты проекта, но и вполне точно определить сроки и стоимость его реализации, что позволяет заказчику за-

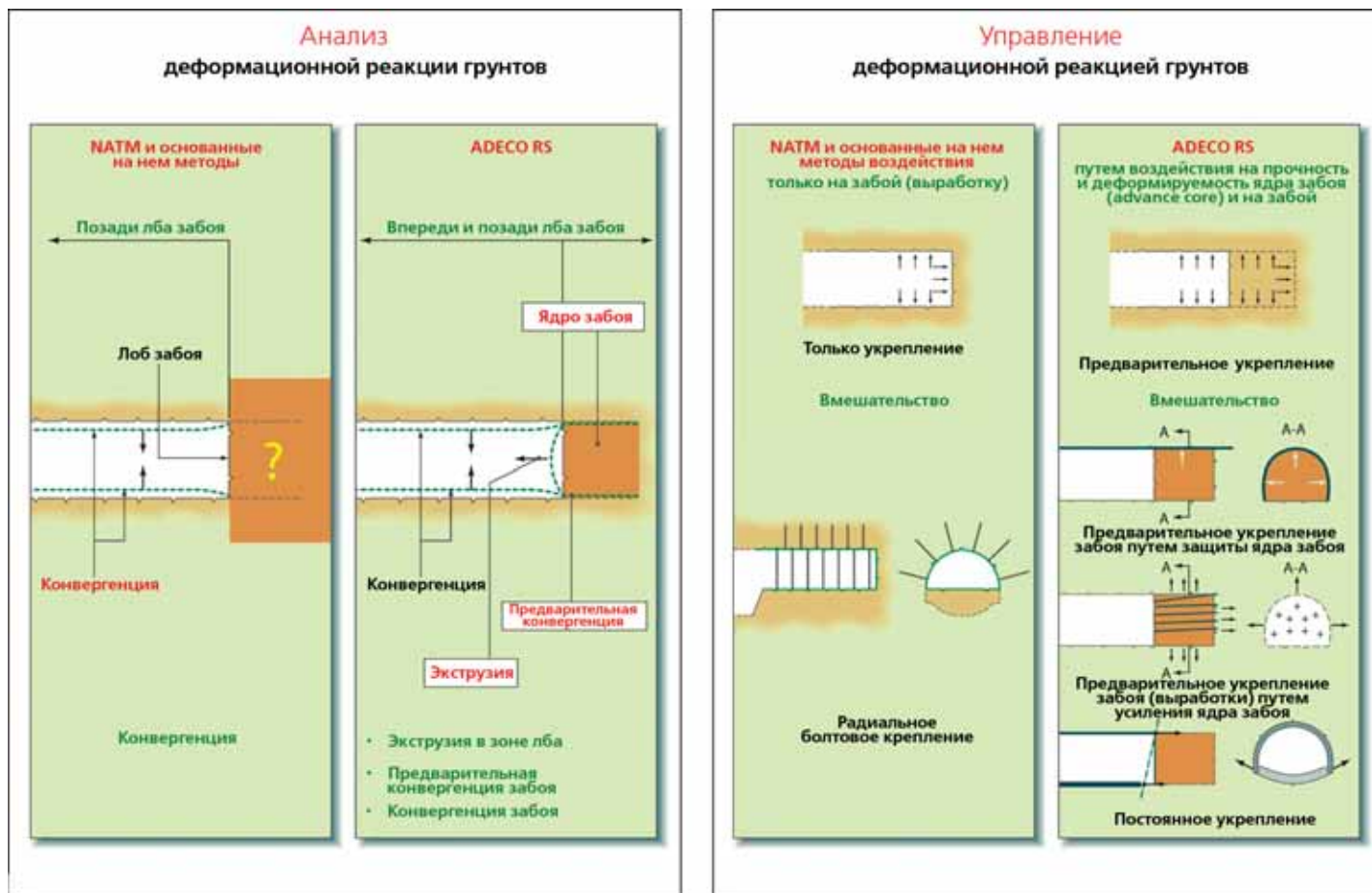


Рис. 2. Сравнение NATM (Новоавстрийского метода) и A.DE.CO.-RS

ключать с генеральным подрядчиком контракты «под ключ» (индустриализация процесса проходки);

- управлять деформационной реакцией, воздействуя в первую очередь на зону впереди лба забоя, выполняя предварительное укрепление выработки, а не просто ее укрепление, как это происходит при использовании традиционных технологий; таким образом, такое (предварительное) укрепление совершенно необходимо в том случае, когда строительство ведется в сложных геологических условиях.

В том случае, когда усилия направлены только на предотвращение конвергенции, невозможно управлять деформационной реакцией грунтов и полностью исключить вероятность обрушения тоннеля, в особенности, если строительство происходит в сложных деформационных условиях (это подтверждают громкие случаи обрушения тоннелей, построенных при помощи NATM и основанных на нем методов). Конвергенцией нельзя управлять, так как она представляет собой заключительный этап процесса деформации, вызванной пластификацией грунтов вокруг выработки, явлением, которое, как хорошо известно, после достижения определенной точки развития становится необратимым. С другой стороны, экструзия представляет собой первый этап деформационного процесса. Если держать ее под контролем, она может проявиться в виде предварительной конвергенции, подчас значитель-

ной, но не приведет к обрушению тоннеля, так как у строителей будет достаточно времени для принятия соответствующих превентивных мер.

Как уже указывалось, данный метод позволяет провести четкую границу между этапами проектирования и строительства. Этап проектирования состоит:

- из обследования, в период которого проводится анализ естественного равновесия, и определяются все параметры среды, в которой предполагается проходка тоннеля;
- диагноза, когда осуществляется анализ и вычисляются (предсказываются) параметры деформационных явлений при отсутствии стабилизационных мер; подземная трасса разделяется на участки с однородным деформационным поведением, на основании чего им присваиваются классы А, В и С, которые соответствуют ожидаемой стабильности зоны (ядра) грунта впереди лба забоя (стабильное ядро; ядро, стабильное в краткосрочной перспективе; нестабильное ядро);
- терапии, при которой происходит управление деформационными процессами путем использования соответствующих стабилизационных систем.

Этап строительства включает:

- операционную фазу для управления деформационными процессами при помощи определенного стабилизационного инструментария;
- фазы мониторинга и точной подстройки (доводки) проекта, когда дефор-

мационная реакция, проявляемая грунтом под воздействием проходческих работ, подвергается измерению (путем измерения параметров экструзии в зоне лба забоя и параметров конвергенции в зоне стен забоя и на различных расстояниях от него), интерпретации и проверке, и в соответствии с полученными результатами происходит уравнивание стабилизационных систем между лбом забоя и его периметром.

Важно подчеркнуть, что, в отличие от традиционных подходов, проверке и калибровке подвергаются однородные параметры проекта (предсказанное и измеренное значение деформационной реакции).

Мониторинг играет основополагающую роль при строительстве тоннелей. При проектировании подземных проектов, прежде всего, составляется план контроля и оценки соответствия уровня деформации от напряжения прогнозам, сделанным с использованием расчетов, проведенных во время диагностики и терапии. Проектирование системы мониторинга во время строительных работ основывается на виде и величине явлений, которые необходимо измерять для проведения мониторинга. Этапы проектирования и строительства сильно взаимосвязаны. На каждой стадии Rocksoil предоставляет услуги по проектированию, консультации и технической поддержки. На период мониторинга подключается Consorzio Tre Esse – компания группы Rocksoil S.p.A, специализирующаяся на проектировании, ус-



Рис. 3. Набрызг-бетон



Рис. 4. Стабилизация лба забоя при помощи установки стекловолоконных труб

тановке системы мониторинга и интерпретации измерений.

Материалы для применения метода ADE.CO-RS

Elas Geotecnica – входит в состав Группы компаний Маккаферри и специализируется на инновационных материалах для проходки тоннелей. Уже более десяти лет Elas

Geotecnica поставляет на строительный рынок эксклюзивные, инновационные товары для проектирования подземного строительства, которые выполняются на заказ и применяются в соответствии с особыми техническими требованиями.

Квалифицированная и опытная команда специалистов компании уделяет особое внимание проведению научных исследований и опытно-конструкторских разработок, имеющих первостепенное значение с точки зрения постоянного совершенствования и развития изделий и их эксплуатационных характеристик. Исследования и разработки осуществляются с использованием учебных лабораторий. Они выполняются в соответствии с индивидуальными требованиями, что гарантирует максимальную эффективность и полное удовлетворение требований заказчика.

Методы укрепления выработки

Торкретирование или временное укрепление стен и свода

Торкретирование стен и свода выработки обычно осуществляется бетоном, армированным стальной фиброй. Эти армирующие смеси характеризуются четким соблюдением состава, содержанием высокопрочного бетона, низким водоцементным соотноше-

нием, меньшим максимальным диаметром совокупного размера частиц и постоянным гранулярным составом. В приготовлении данных смесей ключевую роль играют добавки: гиперпластификаторы, такие как E-FLU 100, ускорители (быстродействующий коагулят во влажной среде и при просачивании воды), такие, как APRAL (без содержания щелочи), APRAL 52 (раствор алюмината-натрия) и ROCKSIL 3 (щелочной), армирующая стальная фибра и последующая гидроизоляция. Стальная фибра Wirand® (FS3N, FS4N, FS7) придает торкретбетону прочность одновременно на сжатие и на изгиб, тем самым улучшая характеристики прочности и безопасности. Дозирующее оборудование Massacerri используется для добавления необходимого количества стальной фибры во время приготовления замеса в бетономесительной установке (рис. 3, 4).

Дренаж при наличии подземных течений

Для быстрого понижения уровня подземных вод в глубоких толщах пород или грунте используются дренажные трубы иногда вместе с плоскими дренажными комплексами. Компания «Elas Geotecnica» разработала легко устанавливаемую пластиковую дренажную трубу с микроотверстиями и инновационной системой соединения. Используемые полимерные материалы обеспечивают дренирование даже после возможного сплющивания секции. Дренажные трубы могут быть покрыты снаружи фильтрационным покрытием из геотекстильного материала (рис. 5). Используемые при производстве полимерные соответствуют действующим итальянским стандартам для продукции, применяемой в контакте с питьевой водой. Необходимо отметить, что долговечность окончательной обделки зависит от дренажных работ, благодаря которым грунтовые воды скапливаются в каналах и трубах и затем выводятся. Это предотвращает

Рис. 5. Дренаж





Рис. 6. Гофрированные трубы из стекловолокна с клапанами



Рис. 7. Трубчатые арки жёсткости B.Zero Tondo

просачивание воды в бетон и, таким образом, сокращает проблемы, вызываемые заledenением и таянием.

Укрепление свода стекловолоконной арматурой с инъекционными клапанами и укрепление центра забоя стекловолоконными элементами с последующим цементным инъецированием

Укрепление широко применяется во всем мире, главным образом, для почвенной массы впереди лба забоя, что обеспечивает ускоренное выполнение работ в тоннелях с большим сечением в сложных инженерно-геологических условиях. Метод заключается в укреплении лба забоя при помощи установки элементов из стекловолокна в субгоризонтальные отверстия, через которые затем цементируют грунт по всему сечению тоннеля. Это сдерживает нагрузку, которая возникает при проходческих работах, и стабилизирует боковое и горизонтальное давление.

Компания «Elas Geotecnica» разработала трубы из стекловолокна с гофрированной внешней поверхностью, произведенные из полиэфирных смол и однонаправленного стекловолокна класса E.

Новая технология позволяет достичь такой геометрической формы профиля, которая обеспечивает большую сопротивляемость к выкалыванию за счет увеличения прочности сцепления между контактной поверхностью и впрыскиваемым раствором. Именно эта геометрическая форма в напряженном состоянии передает на раствор напряжение при сжатии, что значительно увеличивает усилия, необходимые для разъединения между двумя компонентами в системе, и создает наилучшие механические свойства цементного раствора.

Внешняя гофрированная поверхность достигается путем использования тех продольных волокон, которые входят в состав корпуса, что придает продукту характеристики «цельности».

Компания «Elas» предлагает так же модель трубы с клапаном (рис. 6). В сборе он закрепляется на трубе при помощи механического замка для обеспечения неподвижности впрыскивающего клапана. Это предотвращает смещение, повреждение и выпадение во время обслуживания или установки трубы внутри буровой скважины для впрыскива-



Рис. 8. Забой тоннеля

ния. Данный клапан позволяет регулировать операции на одной и той же точке впрыска.

Стальные арки

Стальные арки состоят из секций с заранее заданной формой, которые обеспечивают поддержку на первом этапе. Также были разработаны варианты с использованием частей раздвижных сводов РМЕТ для простоты установки. Таким образом, арки сразу становятся активными. Текстильные мешки, называемые BIM BAGS, размещаются за сводами. Когда они наполняются тем же раствором, что и для приготовления торкретбетона, они хорошо заполняют пространство между сводами.

Для продолжения НИР в области выемки грунта при проходке тоннелей Elas Geotecnica изучила новый вид арок, так называемые трубчатые арки жесткости B.ZeroTondo.

Открытые профили (IPE, HE, IPN), обладающие высокими характеристиками в части формы и прочности, могут иметь некоторые ограничения в том случае, если они не установлены в обычном направлении или по центру, тогда их статические характеристики ухудшаются. Это означает, что в зависимости от определенных

местных условий закрытые цилиндрические профили обладают лучшими характеристиками для работы. Примерами тому являются неоднородные условия соприкосновения профиля крыла и почвы, которые могут возникнуть в процессе выемки грунта при проходке тоннелей, где не всегда наблюдаются условия плоской деформации. Это также относится к случаям сложнопрофильного двойного «Т», ухудшающих рабочие условия при наличии нагрузки на горизонтальные компоненты. Для преодоления этих трудностей используется участок с осевой симметрией, такой как у закрытого цилиндра.

При замене открытого профиля цилиндрическим на той же площади изменяется распределение металла. Это обеспечивает устойчивость участка к осевому и внецентровому напряжению, а также к силам, действующим в разных направлениях (рис. 7, 8).

ООО «ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ» – российский офис Группы компаний Маккаферри – предлагает широкий спектр технологий для проходки тоннелей традиционными методами и с использованием ТБМ, а также профессиональные технические консультации, такие как анализ проекта, выбор продукции и ее установка.



РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПО ГРУНТУ И ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСВАЙ «ТИТАН» ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ПОДПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

И. М. Малый, А. В. Козлов, Филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитены»

В данной статье рассматривается опыт применения анкерных микросвай типа «Титан» из трубчатых винтовых штанг для крепления постоянных подпорных стен и ограждающих конструкций котлованов на объектах транспортного строительства Москвы. Приводятся данные по мониторингу НДС этого вида крепления в сопоставлении с применением предварительно напряженных грунтовых анкеров. На основе сопоставительного анализа данных натурных статических испытаний и результатов расчетов несущей способности по методикам СНиП и Европейских норм даются предложения по совершенствованию методики расчета анкерных и фундаментных микросвай «Титан» применительно к условиям залегания в пылевато-глинистых грунтах.

Микросваи «Титан» являются разновидностью буровых набивных свай малого диаметра (до 300 мм). Они сочетают в себе характерные свойства и достоинства традиционных буроинъекционных свай, устраиваемых путем инъекции цементного раствора с последующей опрессовкой забоя и стенок скважины, а также винтонабивных свай, образуемых ввинчиванием в грунт формуемого наконечника.

Основным конструктивным элементом свай «Титан» являются полые трубчатые винтовые штанги (ТВШ), служащие:

- буровым ставом при забурировании в грунт;
- инъектором для подачи бурового и опрессовывающего цементных растворов в грунт;
- несущим и армирующим элементом, воспринимающим выдерживающую или вдавливающую нагрузку и передающую ее через цементный ствол в грунт.

Рассмотрим опыт применения для устройства микросвай трубчатых винтовых штанг (ТВШ) типа «Титан» производства фирмы «Ischebeck GmbH», соответствующих ТУ-5264-001-56705770-2004.

Комбинированная технология устройства микросвай данного типа, сочетающая обработку и вдавливание ребрами нарезки ТВШ цементного раствора в прилегающий грунт при бурении, а также инъекционную опрес-

совку ствола, стенок скважины и забоя, обеспечивает:

- отфильтровку воды и образование цементной корки по стенкам скважины, предотвращающую разрыхление и ослабление контактного слоя грунта;
- зону грунта, укрепленного цементным буровым раствором по боковой поверхности;
- увеличение диаметра заделки сваи в грунте по сравнению с диаметром буровой коронки.

Микросваи применяются в европейской практике строительства как в качестве анкерных, работающих на выдерживающую нагрузку в составе крепления подпорных стен, оползневых склонов, фундаментов мачт различного назначения и сооружений, работающих на отрыв и всплытие, так и в качестве фундаментных, воспринимающих вдавливающую нагрузку в составе опор мостов, фундаментов зданий и сооружений.

Постоянное крепление подпорных стен

Впервые в практике отечественного транспортного строительства анкерные микросваи из ТВШ были применены для устройства постоянного крепления четырех удерживающих откосных стен на рамповых участках путепровода тоннельного типа на ПК101+21,48, а также двух подпорных «стен в грунте» путепровода

на съезде № 8 при реконструкции Киевского шоссе. При глубине котлованов до 7 м проект предусматривал установку одного яруса анкерных свай длиной 11–15 м с шагом 1,0–1,5 м. Анкерные сваи в количестве 154 шт. устраивались в суглинистых грунтах. В конструкции постоянного крепления были применены трубчатые винтовые штанги типа 52/26, оснащенные буровыми коронками для глины диаметром 130 мм.

Также при реконструкции Киевского шоссе анкерные микросваи этого типа были использованы для крепления рамповых подпорных стен тоннеля глубиной до 7,3 м на съезде № 3 в составе транспортной развязки на ПК171. Инженерно-геологические условия представлены супесчаными и суглинистыми грунтами. Проект постоянного крепления предполагал установку одного яруса анкерных свай из трубчатых винтовых штанг (тип 52/26) с шагом 1,5–2,0 м. Всего для крепления четырех подпорных стен общей протяженностью 314 м были установлены 173 анкерные сваи длиной по 12–15 м.

Проекты постоянного крепления подпорных стен для вышеприведенных тоннельных путепроводов были разработаны филиалом ОАО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитены» по заданию СоюздорНИИ.

Виды подпорных стен, закрепленных анкерными микросваями и характерные тех-

Рис. 1. Постоянное крепление анкерными сваями при реконструкции Киевского шоссе: а – откосные и подпорные стены путепроводов тоннельного типа на ПК101+21 и на съезде №8; б – рамповые подпорные стены тоннеля на съезде № 3



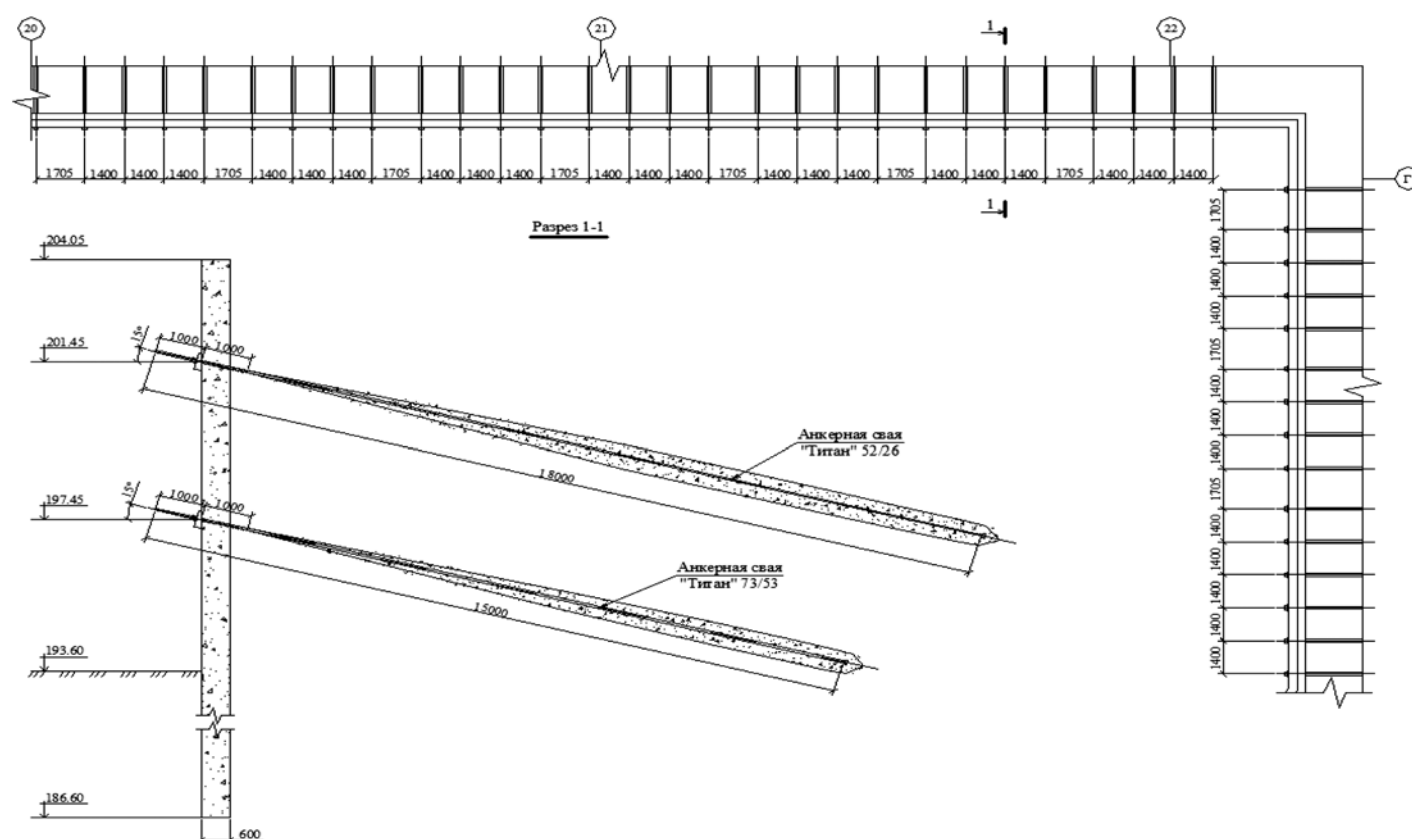


Рис. 2. План и схема крепления анкерными сваями ограждения котлована при строительстве подземного терминала АВК-1

нологические моменты, связанные с их применением, показаны на рис. 1 а, б.

По данным мониторинга, проводившегося в период прокладки путепровода на съезде № 3, смещения подпорных стен, закрепленных анкерными сваями, не превысили 4–5 мм, что соответствует расчетным значениям.

Временное крепление ограждения котлована

В широком масштабе предварительно напрягаемые анкеры и пассивные анкерные микросваи «Титан» из ТВШ были применены в 2006–2007 гг. при сооружении подземной части терминала аэровокзального комплекса «Внуково» (АВК-1). В непосредственной близости от котлована находилась башня командно-диспетчерского пункта (КПД) и административное здание функционирующей части аэровокзала. Инженерно-геологические условия строительства представлены поверхностной насыпью и далее чередующимися слоями суглинистых и глинистых грунтов.

Проект крепления ограждающей «стены в грунте» при помощи анкерных микросвай «Титан» был разработан НИЦ «Тоннели и метрополитены» по заданию Корпорации «Транстрой».

Математическое моделирование и расчет параметров крепления (тип штанг, длина и шаг анкерных свай, расчетные нагрузки) производились при помощи ППП «Креп» и комплекса «PLAXIS 2D version 8.2». Обоснованное расчетами и реализованное в натуре крепление опытного участка

включало установку анкерных свай в два яруса (рис. 2 и 3). На первом были установлены сваи длиной 18 м, при типе несущей штанги 52/26 и диаметре буровой коронки 130 мм, на втором – длина свай составляла 15 м, использовались штанги типа 73/53 с буровой коронкой 175 мм. Все сваи были установлены под углом наклона к горизонту 15° с шагом в ярусе 1,4–1,7 м.

В процессе разработки грунта и ведения строительных работ одновременно проводился мониторинг за смещениями как участка стены, закрепленной анкерными микросваями, так и соседних стен с предварительно напряженными анкерами, что дало возможность сравнить эти значения. Анкеры были закреплены на ограждении с усилием предварительного напряжения $A_0=30$ тс для первого яруса и

Рис. 3. Закрепленная анкерными сваями ограждающая стена котлована подземного терминала АВК-1



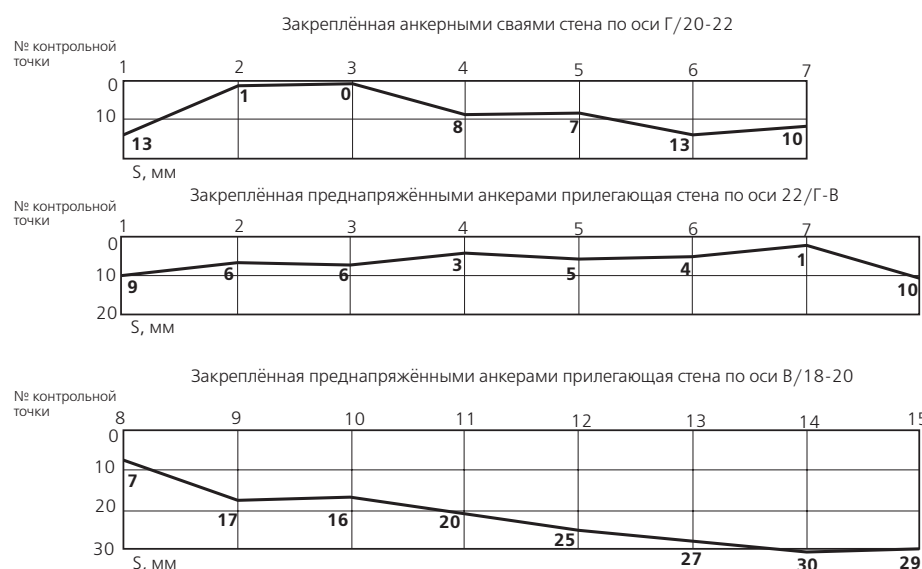


Рис. 4. Диаграммы распределения результирующих плановых смещений верха ограждающих стен

$A_0=44$ тс для второго. Анкерные сваи использовались без преднапряжения.

На рис. 4 представлены диаграммы распределения результирующих плановых смещений верха ограждающих стен за 2,5 месяца наблюдений в процессе строительства в котловане до бетонирования железобетонной плиты основания и возведения постоянных конструкций. Смещения закрепленной анкерными сваями стены по оси Г/20-22 находились в пределах 13 мм, закрепленной преднапряженными анкерами смежной стены по оси 22/Г-В – до 10 мм. Смещения противоположной опытному участку ограждающей стены по оси В/18-20, ближе к башне КПД и административному зданию аэропорта, находятся в интервале значений 7–29 мм.

Данные мониторинга показывают, что для условий строительства в глинистых грунтах,

смещения ограждающих и подпорных стен на участках крепления анкерными микросваями «Титан» и предварительно напряженными анкерами при соответствующих друг другу конструктивных параметрах отличаются незначительно. При этом следует отметить, что обоснованная расчетами длина свай была на 3 м меньше длины анкера в соответствующем ярусе.

Все установленные сваи были подвергнуты контрольным статическим испытаниям осевой выдергивающей нагрузкой, которые позволили получить и статически обработать данные по их несущей и деформативной способности (табл. 1). За счет выполняемой после нагружения разгрузки, смещения были разделены на остаточные и упругие. По стандартной методике определено среднее ожидаемое значение условной свободной $S_{\text{св}}$ длины

свай $l_{\text{св}}$, соответствующей упругим деформациям $S_{\text{св}}$.

Испытания по определению предельной несущей способности по грунту

Пробные испытания на выдергивание

были проведены для девяти опытных анкерных микросвай на участке котлована в пределах осей Е/14-15. Микросваи были установлены на уровне второго яруса крепления, на глубине 6,6 м и под углом к горизонту 15°. Использованы ТВШ наружным диаметром 73 мм, внутренним 53 мм (тип 73/53) и общей длиной 18 м, оснащенных крестообразной коронкой Ø175 мм для бурения по глинистым грунтам.

Технология устройства анкерных свай включала следующие операции:

- последовательное забуривание в грунт шести штанг с передовой буровой коронкой Ø175 мм;
- одновременно производилась подача промывочного цементного раствора с В/Ц=1 при давлении 0,5–1,5 МПа;
- после окончания бурения осуществлялась динамическая опрессовка заделки цементным раствором с В/Ц=0,4 при пакере в устье скважины.

Следует отметить, что для одной из испытанных анкерных свай не была достигнута предельная несущая способность по грунту, а ползучесть на ступенях нагружения практически отсутствовала. Максимальное испытательное выдергивающее усилие ($A_{\text{в}}$) в 90 тс ограничивалось прочностными характеристиками тяги из ТВШ 73/53, для которой усилие, соответствующее пределу текучести ($A_{\text{с}}$) составляет 99 тс. При испытаниях принималось $A_{\text{в}} \leq 0,9 A_{\text{с}}$.

Испытания статической вдавливающей нагрузкой были проведены при рассмотрении возможности применения микросвай «Титан» для фундаментов эстакады

Таблица 1

Сводные данные испытаний анкерных микросвай

Параметры	Анкерные сваи		
	Участок Г/20-22		Участок Е/14-15
	1-й ярус	2-й ярус	2-й ярус
Количество, шт.	31	30	9
Общая длина*, м	18	15	18
Длина «свай в грунте», м	16,5	13,5	16,5
Тип ТВШ	52/26	73/53	73/53
Испытательное усилие, тс	44,6-60	45,6-60	90
Среднее значение общих смещений, мм	14,01	11,32	16,58
Среднее значение упругих смещений, мм	10,24	9,04	13,25
Среднее значение остаточных смещений, мм	3,77	2,28	3,32
Среднее значение фактической свободной длины, м	7,37	7,50	5,16

* с учетом выпуска, необходимого для проведения испытаний и закрепления на ограждающей конструкции, а также длины находящейся внутри закладной детали

Таблица 2

Расчетные и фактические значения несущей способности по грунту для микросвай «Титан» (суглинки)

Несущая способность по грунту, тс	Анкерные сваи	Фундаментные сваи
	ТВШ 73/53 d=175 мм; L _з =16,5 м	ТВШ 103/51 d=220 мм; L _з =23 м
СНиП 2.02.03-85	48,5	103,3
Рекомендациям НИИОСП	60,6	124,6
DIN 1054:2005-01	125,6	227
По результатам натурных испытаний	> 90	> 150

двухуровневой развязки в составе проекта тоннельного участка со станционным комплексом «Внуково» взамен буронабивных свай Ø1200 мм.

Опытная свая длиной 24 м выполнена путем забуривания в грунт несущей трубчатой винтовой штанги типа 103/51, последовательно собранной из восьми составляющих звеньев длиной по 3 м. Передовое звено штанги было оснащено коронкой Ø220 мм для бурения по глинистым грунтам. Одновременно через полость штанги и выпускные отверстия буровой коронки производилась подача бурового цементного раствора с В/Ц=1, а после промежуточной выстойки инъекция опрессовывающего раствора с В/Ц=0,4. Расход первого составил 3,6 м³ при подаче под давлением 1,2 МПа. Опресовка ствола сваи производилась под давлением до 4 МПа при расходе цементного раствора 0,4 м³.

Для восприятия вдавливающей нагрузки был устроен упор из четырех надомкратных стальных двутавровых балок, заанкеренных в грунт через окружающие четыре сваи «Титан» типа 52/26. Испытания сваи проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-94 осевой ступенчато-возрастающей вдавливающей нагрузкой, с выдержкой на каждой ступени до затухания перемещений (осадки). Перемещения (осадки) сваи регистрировались при помощи двух измерительных прогибомеров типа 6 ПАО (с точностью 0,01 мм), размещенных на неподвижных реперах.

По условиям использованного домкратного оборудования максимальная испытательная нагрузка была доведена до 150 тс без срыва сваи по грунту и стабилизации смещений. Осадка при максимальной нагрузке составила 50,98 мм.

Для сопоставления опытных данных со статическим испытанием с нормативными расчетными значениями были выполнены расчеты несущей способности по грунту по методикам СНиП 2.02.03-85, Рекомендаций НИИОСП и DIN 1054:2005-01.

По отечественным нормам несущая способность свай буронабивной сваи, работающей на вдавливающую нагрузку, определяется по сходным зависимостям, учитывающим как сопротивление грунта под основанием, так и по боковой поверхности. Отличие состоит в рекомендуемых значениях коэффициентов условий работ под нижним концом сваи (γ_{cr}) и по боковой поверхности (γ_{cl}).

В соответствии с новой редакцией стандарта Европейской системы стандартизации ЕС-7 DIN 1054:2005-01 несущая способность микросвай определяется по формуле:

$$R_{k2} = R_{sk} = \sum q_{sk,i} \cdot A_{s,i},$$

где R_{k2} – нормативная несущая способность микросвай по грунту на вдавливание или на выдергивание;

R_{sk} – то же по боковому трению с грунтом в предельном состоянии;

$A_{s,i}$ – площадь боковой поверхности сваи в i-м слое грунта;

$q_{sk,i}$ – установленные нормативные значения сопротивления грунта по боковой поверхности буроинъекционной микросвай в i-м слое грунта (в зависимости от типа грунта $q_{sk,i} = 0,10 \div 0,25$ МН/м²).

По данному методу определяющим является касательное трение по боковой поверхности и, в соответствии с EN 14199, сопротивление по лобовой поверхности (для свай, работающих на выдергивание) и под нижним концом (для свай, работающих на вдавливание) не учитывается.

Приведенные в DIN значения предельного сопротивления по боковой поверхности буроинъекционных микросвай не зависят от глубины расположения слоя грунта и превышают аналогичные величины для забивных свай, свай оболочек, набивных и буровых по СНиП 2.02.03-85.

Результаты сравнительных расчетов по всем выше перечисленным методикам, в сопоставлении с данными испытаний, приведены в табл. 2.

Выводы

В результате проведенных экспериментальных и теоретических исследований, а также анализа опыта устройства различных геотехнических конструкций, выполненных с применением трубчатых винтовых штанг «Титан», можно сделать следующие выводы.

1. Ненапрягаемые высоконесущие и малодеформируемые анкерные микросваи «Титан» могут использоваться для крепления подпорных стен и ограждений котлованов наряду с преднапряженными анкерами. Выбор типа крепления должен производиться для каждого конкретного объекта с учетом величин допускаемых смещений и осадок поверхности грунта, фундаментов и близлежащих сооружений.

2. Анализ экспериментальных данных по испытаниям показывает, что выдергивающее усилие передается в грунт не по всей длине анкерной сваи, а только в корневой части. Наличие свободной длины подтвер-

ждается результатами откопки стволов пробных свай.

3. При проектировании и расчетах крепления ограждений котлованов и подпорных стен с использованием анкерных свай из ТВШ, для учета фактической свободной длины тяги, в пределах которой отсутствует передача выдергивающей нагрузки в грунт, значение условной свободной длины сваи в глинистых грунтах предлагается принимать по следующим зависимостям, полученным по данным испытаний:

$L_{cb} = 0,30L_z$ – для свай, устраиваемых без технологического перерыва и с использованием «динамической опрессовки»;

$L_{cb} = 0,50L_z$ – для свай, устраиваемых с выдержкой после окончания бурения более 4 ч, где L_z – фактическая длина заделки сваи в грунте.

4. Расчеты несущей способности микросвай «Титан» по методике СНиП дают результаты, значительно заниженные по сравнению с данными испытаний. Касательное трение по стволу микросвай «Титан» выше, чем у традиционных буронабивных свай, устраиваемых в обсадных трубах или предварительно пробуренных скважинах.

5. В предварительных расчетах необходимо учитывать обусловленные технологией устройства микросвай «Титан», увеличения диаметра заделки сваи в грунте и сопротивления грунта по его боковой поверхности.

6. Для связных пылевато-глинистых грунтов расчетный диаметр заделки микросвай «Титан» (D), по сравнению с рекомендациями фирмы «Ischebeck GmbH», целесообразно ограничить до значения $D = 1,25d$, где d – диаметр буровой коронки.

7. При отсутствии данных испытаний нормативное предельное сопротивление по боковой поверхности ствола буроинъекционной микросвай «Титан» в пылевато-глинистых грунтах предлагается принимать в соответствии с данными DIN 1054:2005-01.



НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТОННЕЛЕЙ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В МОСКВЕ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

М. Н. Курганский, к. т. н., ассистент кафедры «СПС и Ш» МГГУ, главный специалист ЗАО «Триада-Холдинг»

С. В. Павлов, аспирант кафедры «СПС и Ш» МГГУ, инженер ЗАО «Триада-Холдинг»

В. В. Гапонов, главный инженер ЗАО «Триада-Холдинг»

В Москве эксплуатируются более 360 км тоннелей для инженерных коммуникаций, предназначенных для прокладки теплосетей, водопровода, электрических кабелей и кабелей связи. Их трассы большей частью расположены под улицами с интенсивным движением автотранспорта. Опыт эксплуатации коллекторов, испытывающих динамические нагрузки, показывает, что они разрушаются значительно раньше, чем предусмотрено проектным нормативным сроком. Преждевременный выход из строя строительных конструкций коллекторов, расположенных в зоне влияния дорог, обусловлен неадекватным учетом взаимодействия конструкций и среды при проектировании, а также изменением фактической ситуации, связанной с нарастанием интенсивности движения транспорта. Активное развитие транспортного комплекса, отсутствие теоретических и практических основ для проектирования, строительства, реконструкции и ремонта коллекторов в новых условиях поставили задачу обеспечения сооружений необходимым запасом надежности с учетом динамических нагрузок. Комплекс теоретических и экспериментальных исследований, основанных на непрерывном мониторинге конструкций, проведенных в 2008–2010 г. сотрудниками ЗАО «Триада-Холдинг» с целью установления закономерностей воздействия динамических нагрузок на строительные конструкции коллекторов, позволил обосновать и разработать методы их расчета и повышения надежности, обеспечивающие увеличение долговечности подземных сооружений.

Эксплуатация городских тоннелей и проложенных в них инженерных сетей и коммуникаций происходит в условиях агрессивного воздействия окружающей среды, что приводит как к ускоренному коррозионному износу конструкций, так и частому отказу гидроизоляции. Преждевременный выход из строя этих объектов может привести не только к тяжелым социальным последствиям отдельного района города, но и вызвать серьезные аварии на дорогах. Как показывают результаты обследований строительных конструкций тоннелей, количество аварийных участков под проезжими дорогами, где конструкции подвержены не только статическим, но и динамическим нагрузкам, в полтора раза превышает протяженность аварийных участков, расположенных вне влияния транспортных потоков. Скорость прироста аварийных участков зависит от времени эксплуатации сооружения, она резко возрастает с увеличением этого времени и интенсивности нагрузок и воздействий.

Нагрузки от транспорта в расчетах перекрытий тоннелей учитываются путем увеличения статической нагрузки на величину временной подвижной нагрузки от машины НК-80.

Динамический характер приложения транспортных нагрузок учитывается путем введения динамических коэффициентов к временной подвижной нагрузке, при этом область их применения ограничена глубиной заложения тоннелей, равной 0,4 м.

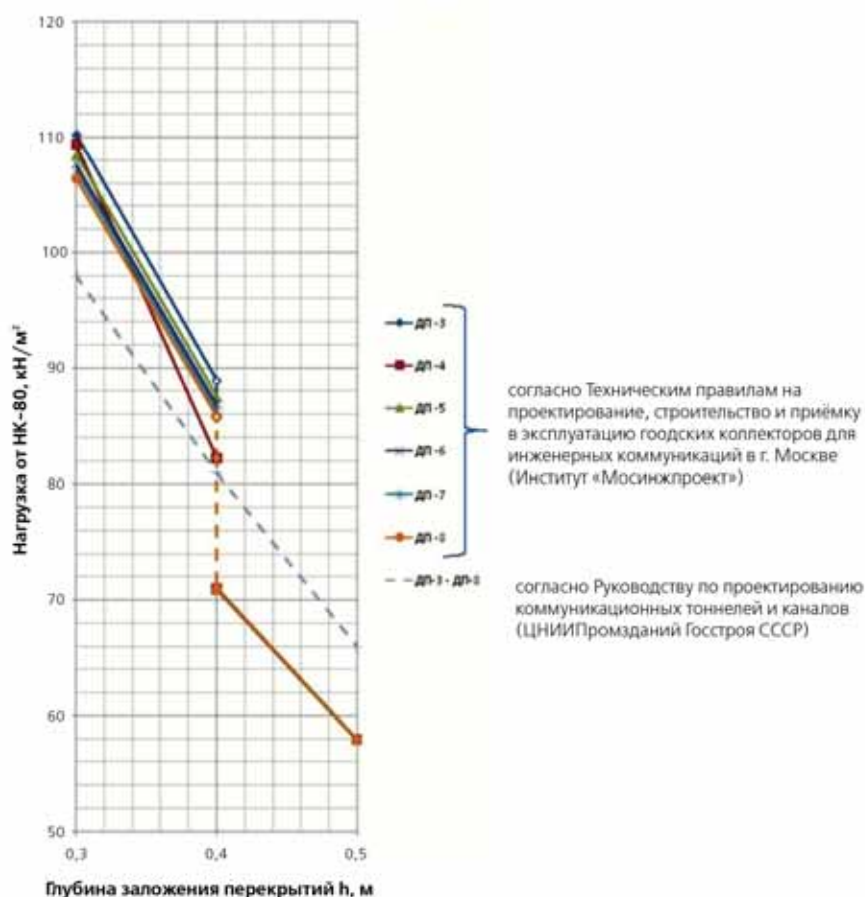


Рис. 1. Изменение расчетных значений нагрузок от НК-80 на плиты перекрытий тоннелей, в зависимости от глубины заложения строительных конструкций и метода расчета

График изменений расчетных значений нагрузок от НК-80 на строительные конструкции обделок в зависимости от глубины их заложения и метода расчета представлен на рис. 1.

При переходе через точку, соответствующую высоте засыпки $h = 0,4$ м, значение временной подвижной нагрузки от НК-80 на обделку тоннеля резко уменьшается на значительную величину – 21–26 %, в зависимости от ширины коллектора. Давление на 1 м^2 различных по геометрическим размерам плит перекрытий тоннелей от нагрузки НК-80 при одинаковой глубине их заложения различно.

Резкий скачок величины подвижной нагрузки от транспорта на конструкции обделок на глубине 0,4 м противоречит представлениям о распределении напряжений в грунтовой массе, используемым в теории механики грунтов.

Специальных исследований величин динамических коэффициентов для расчета подвижных нагрузок, действующих на обделку тоннелей для инженерных коммуникаций, не проводилось.

Следует отметить, что по результатам многолетних обследований тоннелей тенденция ускоренного износа перекрытий, расположенных под дорогами, имеет место на всем диапазоне изменений глубин заложения без скачков.

С 2007 г. по настоящее время научно-диагностическим отделом ЗАО «Триада-Холдинг» ведется инструментальный мониторинг эксплуатационного состояния обделок тоннелей инженерных коммуникаций на участках, подверженных техногенным воздействиям.

В качестве объектов исследований выбраны строительные конструкции перекрытий, возведенных открытым способом, как наиболее подверженные износу элементы обделок, от состояния которых зависит функционирование подземного сооружения.

Накопление повреждений в перекрытиях тоннелей происходит в течение длительного времени, составляющего годы эксплуатации. В этот период выявить признаки приближающегося разрушения затруднительно.

Процесс роста микроразрушений в железобетонных конструкциях перекрытий фактически может начаться без заметных признаков, видимых изменений состояния поверхности и без существенных деформаций, что затрудняет обнаружение их на начальных стадиях эксплуатации.

Исследование проводится с целью оценки и прогнозирования эксплуатационной надежности тоннелей неглубокого заложения.

В рамках мониторинга проведены работы по обследованию конструкций тоннелей инженерных коммуникаций ГУП «Москоллектор»: «Моховой», «Горьковский», «Ново-Александровский», «Метрополь» с целью обеспечения безопасности их эксплуатации, находящихся по маршруту движения тяжелой во-

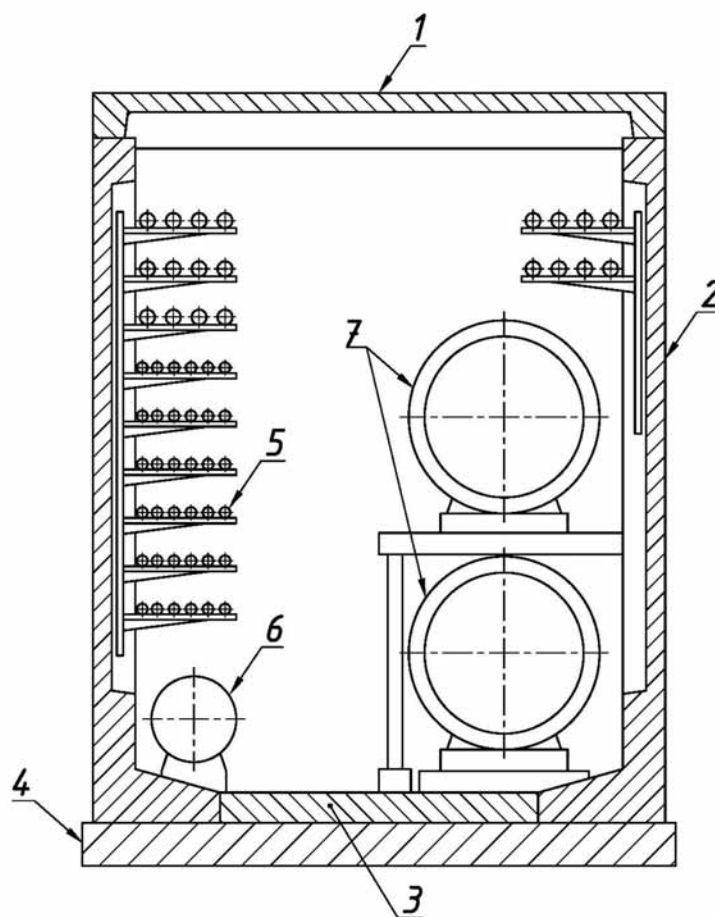


Рис. 2. Типовое сечение тоннеля инженерных коммуникаций: 1 – плита перекрытия; 2 – стеновой блок; 3 – блок днаща; 4 – бетонная подготовка; 5 – кабели; 6 – водопровод; 7 – теплопровод

енной техники по центральным улицам Москвы в ходе подготовки и проведения военного парада в честь 63-й годовщины победы в ВОВ, а также «Гарibaldi», «Крупский», «Вернадский».

Исследуемые участки тоннелей инженерных коммуникаций имеют сборную железобетонную обделку и расположены непосредственно под оживленными транспортными магистралями с глубиной залегания плит перекрытия до 4 м. Типовое сечение тоннеля представлено на рис. 2. Для эксперимента выбраны участки, близкие по возрасту (более 60 лет), техническому состоянию, условиям эксплуатации и конструктивным признакам, расположенные под транспортными магистралями в Москве.

В регламенте по ремонту железобетонных конструкций подземных коллекторов для инженерных коммуникаций, утвержденном правительством Москвы в 2008 г., приведены данные о темпах роста коррозии арматуры и исчерпания запаса по несущей способности строительных конструкций тоннелей в период эксплуатации.

Основным видом дефектов исследованных конструкций стали продольные трещины в ребрах плит перекрытий с раскрытием от 1 до 3 мм.

По результатам экспериментальных исследований получены данные о деформациях перекрытий при воздействии повседнев-

ного транспортного потока (рис. 3). Это позволило установить количество циклов напряжений перекрытий коллекторов в зависимости от величин деформаций за конкретные периоды эксплуатации.

Для определения темпов износа строительных конструкций, испытывающих динамические нагрузки, накопленных данных натурных исследований недостаточно.

В последние годы в теории расчета строительных конструкций все чаще используются вероятностные методы.

Функцию надежности перекрытий тоннелей представляется рациональным определить, используя вероятностный метод расчета, т. е. в качестве исходных данных принять вероятностные характеристики свойств материалов и нагрузок, а сам расчет построить на зависимостях, описывающих несущую способность конструкций согласно положениям строительных норм и правил.

При определении надежности перекрытий тоннелей по критерию прочности необходимо установить влияние конкретных параметров динамических нагрузок на изменение прочностных характеристик материалов конструкций.

В качестве параметров динамических нагрузок приняты их значения (наибольшее $(P_d^{\max})$ и наименьшее $(P_d^{\min})$), а также количество циклов приложения (N).

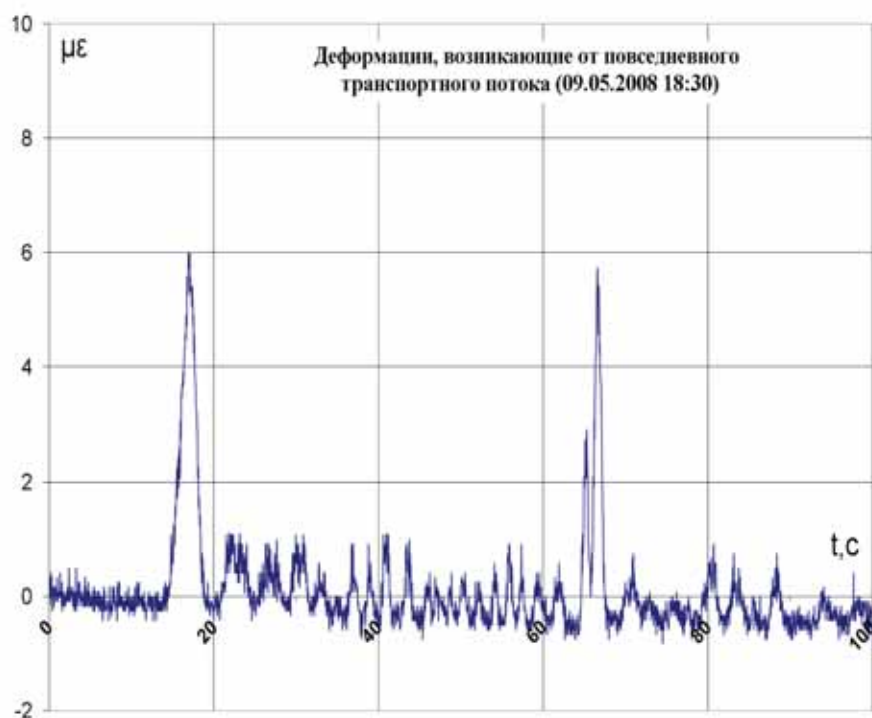


Рис. 3. Динамические деформации плит перекрытий коллекторного тоннеля «Горьковский», измеренные при воздействии повседневного транспортного потока

Функцию несущей способности перекрытий тоннелей в общем виде можно представить как:

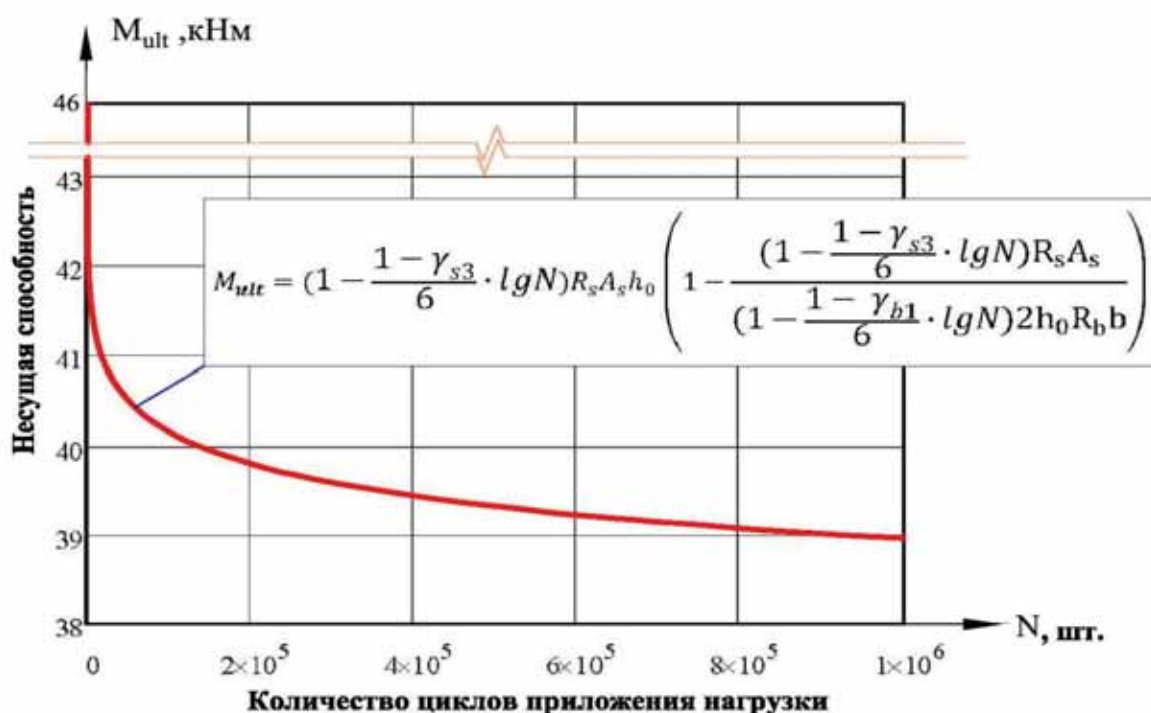
$$M_{ult} = f(R_s, R_b, A_s, h_0, b, P_d^{max}, P_d^{min}, N). \quad (1)$$

Несущая способность плит перекрытий тоннелей типа ДП, разработанных институтом «Мосинжпроект», в зависимости от геометрических параметров рассматриваемого

сечения и прочностных характеристик арматуры и бетона, согласно СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» определяется по формуле:

$$M_{ult} = R_s A_s h_0 \left(1 - \frac{R_s A_s}{2 h_0 R_b b} \right), \quad (2)$$

Рис. 4. Кривая снижения несущей способности перекрытий тоннелей, построенная на примере плиты ДП-3 от воздействия фактора динамических нагрузок от транспорта



где R_s – расчетное значение сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы;

A_s – площадь рабочей арматуры сечения, обеспечивающая прочность, равную действующему моменту;

h_0 – рабочая высота сечения;

R_b – расчетное значение сопротивления бетона для предельных состояний первой группы на осевое сжатие.

Уравнение несущей способности (2) с учетом (1) можно записать в виде:

$$M_{ult} = R_s A_s h_0 \left(1 - \frac{R_s A_s}{2 h_0 R_b b} \right), \quad (3)$$

где $S = f_1(P_d^{max} P_d^{min} N)$ и $B = f_2(P_d^{max} P_d^{min} N)$.

По результатам проведенных теоретических исследований составлено уравнение несущей способности плит перекрытий тоннелей типа ДП, с учетом параметров динамических нагрузок:

$$M_{ult} = R_s A_s h_0 \left(1 - \frac{R_s A_s}{2 h_0 R_b b} \right) = \left(1 - \frac{1 - \gamma_{s3} \cdot \lg N}{6} \right) R_s A_s h_0 \left(1 - \frac{\left(1 - \frac{1 - \gamma_{s3} \cdot \lg N}{6} \right) R_s A_s}{\left(1 - \frac{1 - \gamma_{b1} \cdot \lg N}{6} \right) 2 h_0 R_b b} \right). \quad (4)$$

Коэффициенты условий работы γ_{b1} и γ_{s3} применяются для расчета железобетонных элементов на выносливость при действии многократно повторяющихся нагрузок в соответствии со СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции».

Установлена взаимосвязь несущей способности перекрытий от количества и коэффициента асимметрии циклов напряжений, по-

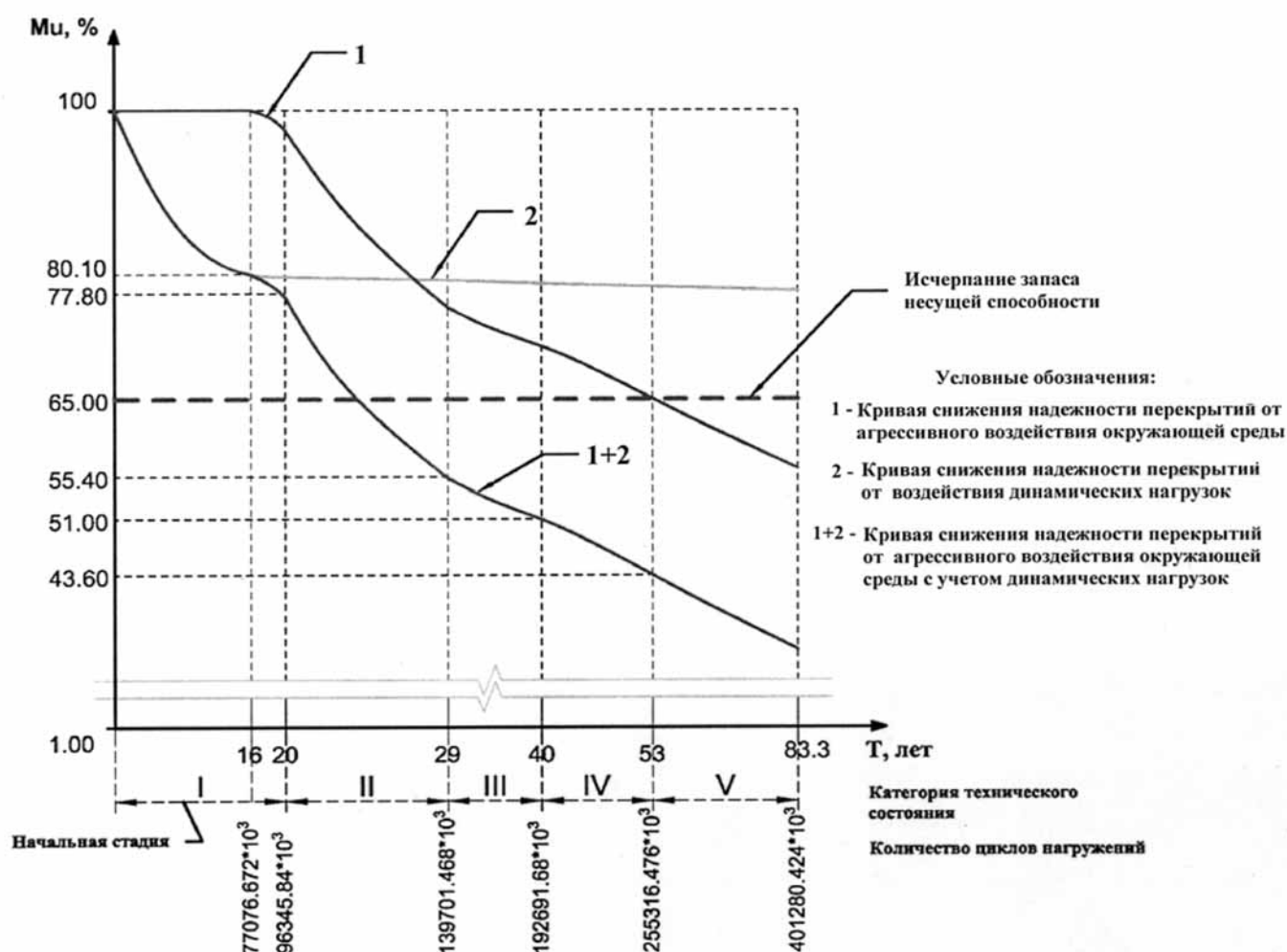


Рис. 5. Кривая снижения надежности перекрытий тоннелей, испытывающих агрессивное воздействие окружающей среды с учетом динамических нагрузок от транспорта

звляющая эффективно решать вопросы повышения и расчета надежности тоннелей.

На рис. 4 представлена кривая снижения несущей способности тоннелей для инженерных коммуникаций от фактора воздействия динамических нагрузок от транспорта, построенная на примере плиты ДП-3 с использованием уравнения (4).

Путем суммирования установленных данных о снижении несущей способности перекрытий тоннелей от фактора воздействия динамических нагрузок от транспорта с соответствующими показателями от прочих агрессивных факторов окружающей среды построена кривая снижения надежности перекрытий на примере плиты ДП-3 (рис. 5).

Анализ результатов проведенных исследований воздействия динамических нагрузок от транспорта на эксплуатационное состояние строительных конструкций тоннелей инженерных коммуникаций позволил сделать следующие выводы.

1. В существующих Руководствах и Технических правилах по проектированию строительных конструкций обделок тоннелей положения по учету динамических нагрузок от транспорта не соответствуют физическому смыслу.

2. Отсутствуют практические рекомендации для проектировщиков, которые позво-

лили бы правильно оценивать воздействие подвижной нагрузки на строительные конструкции тоннелей.

3. Под действием внешних возбуждающих сил – многократно повторяющихся, динамических нагрузок от транспорта – плиты перекрытий тоннелей регулярно совершают вынужденные колебания.

4. Амплитуды колебаний не всегда изменяются пропорционально величинам прикладываемых динамических нагрузок от транспорта. Плиты перекрытий тоннелей, эксплуатирующиеся под дорогами в типичных городских условиях, регулярно испытывают напряжения, превосходящие соответствующие расчетные величины.

5. Динамический характер приложения нагрузок от транспорта зафиксирован всеми датчиками на глубинах расположения плит перекрытий от 0,8 до 1,5 м, что свидетельствует о необходимости применения динамических коэффициентов для расчета подвижных нагрузок на перекрытия тоннелей, расположенных ниже установленной нормативами глубины 0,4 м.

6. Результаты существующих обследований тоннелей не отражают в необходимом объеме и качестве информацию о времени начала появления дефектов и повреждений в перекры-

тиях, испытывающих динамические нагрузки от транспорта. Имеющихся данных не достаточно для разработки методов расчета надежности строительных конструкций тоннелей с учетом динамических воздействий на основе одних только опытных результатов.

7. Для определения микромеханики и кинетики накопления дефектов и повреждений в конструкциях тоннелей, закономерностей изменений надежности перекрытий необходимо и впредь вести мониторинг эксплуатационного состояния сооружений, испытывающих техногенные воздействия.

8. Предложенный метод расчета надежности строительных конструкций тоннелей по критерию несущей способности может быть использован при оценке состояния существующих и проектировании новых объектов. Тем более что в существующих Строительных нормах и правилах такого типа рекомендации отсутствуют.

9. Для обеспечения надежности конструкций тоннелей, эксплуатирующихся в условиях длительного воздействия вибрационных нагрузок, разработаны схемы усиления обделок композиционными материалами, в т. ч. с сетками на цементной матрице по технологии ЗАО «Триада-Холдинг». Они позволяют повысить несущую способность строительных конструкций почти в 2 раза.

ПРОФЕССИЯ — ТОННЕЛЕСТРОИТЕЛЬ

Сергею Николаевичу Власову – основателю Тоннельной ассоциации России, почетному транспортному строителю, академику Академии транспорта РФ исполнилось 85 лет. Из них 46 лет отдано строительству метро и тоннелей.



С 1950 по 1972 г. Сергей Николаевич трудился на прокладке метро в г. Баку, пройдя путь от начальника смены до главного инженера Бактоннельстроя, затем работал в Главтоннельмостострое на должности главного инженера, с 1988 по 1990 г. он являлся главным советским консультантом по строительству метрополитена в г. Братиславе и с 1990 г. в течение 20 лет руководил исполнительной дирекцией Тоннельной ассоциации России.

Сергей Николаевич – человек редкой щедрости натуры, активного восприятия самого важного в окружающем, он принадлежит к тем, кто берет на себя основные тяготы и ответственность жизни, сопричастен главным проблемам времени. За плечами С. Н. Власова биография труженика, ученого, организатора крупного масштаба – от первых линий метро в древней столице Азербайджана, принятых с оценкой «отлично», до защитных сооружений в зоне Чернобыльской АЭС, где ему, кандидату технических наук, с группой высококвалифицированных специалистов довелось решать в экстремальной ситуации сложные технические задачи.

В каждом из одиннадцати действующих и еще большего числа строящихся метрополитенов, а также проложенных и прокладываемых за последние два десятилетия транспортных тоннелях – частица его знаний, опыта, энергии и души.

Сергей Николаевич вырос в семье железнодорожника-путейца, который работал начальником дистанции пути на Юго-восточной железной дороге. Поэтому с детства слышал слова: насыпь, балласт, рельсы, шпалы, накладки, подкладки, мост, тоннель. В 1935–1936 гг. в его семье стали много го-

ворить о Московском метрополитене, а в 1938 г. они приехали в Москву.

Во время войны находился в эвакуации в г. Омске, где поступил в Омский железнодорожный строительный техникум, после окончания которого продолжил учебу в Новосибирском институте военных инженеров железнодорожного транспорта. Производственную практику проходил на восстановлении тоннелей и мостов в Закарпатье, и здесь впервые столкнулся с подземными видами работ и ощутил их сложность.

В 1950 г. после окончания института был направлен в г. Баку на шахту № 8 на должность начальника смены. В г. Баку проработал более двадцати лет на возведении метро, гидротехнических тоннелей и других подземных сооружений в очень сложных гидрогеологических условиях, где при его непосредственном участии и техническом руководстве в сложных сейсмических и градостроительных условиях было построено 14 км линий, за что ему присвоено звание заслуженного инженера Азербайджанской ССР.

В 1951 г. его командировали в Москву для ознакомления со скоростными проходками на участке Г. М. Лукьянова, организованными в СМУ № 20, которым руководила Т. В. Федорова. Здесь, как известно, были достигнуты рекордные по тем временам темпы сооружения перегонного тоннеля эректором – 150 пог. м в месяц. Этот опыт был использован на строительстве метро в Баку с учетом местных условий.

Как высококвалифицированный специалист, обладающий производственным и про-

ектным опытом, Сергей Николаевич в 1973 г. был переведен на работу в Министерство транспортного строительства заместителем начальника – главным инженером Главтоннельмостостроя, где осуществлял техническое руководство строительством метрополитенов в Москве, Ленинграде, Горьком, Новосибирске, Свердловске и Куйбышеве; транспортных и гидротехнических тоннелей на Байкало-Амурской магистрали, Урале, Северном Кавказе и в Осетии. Руководил рассмотрением проектов новых линий метрополитенов и тоннелей, внедрением прогрессивных конструкций тоннельных обделок, методов гидроизоляции, применением механизированных щитов для проходки тоннелей и технологий преодоления сложных инженерно-геологических условий для повышения темпов прокладки тоннелей.

За успешное выполнение этих работ на сооружении Ленинградского и Харьковского метрополитенов и тоннелей БАМа ему присуждались Государственная премия СССР (1981 г.) и премии Совета Министров СССР (1978 и 1991 гг.).

Сергей Николаевич считает, что в отрасли подземного строительства следует сохранить все эффективное, что было раньше, увязав с экономическими и техническими условиями настоящего времени.

Исходя из этих задач, осуществлял комплектование аппарата специалистами высокой квалификации, имеющими большой опыт практической и организационной работы на строительстве Московского и других метрополитенов. Такая структура в то время позволяла очень оперативно маневри-

Группа рабочих и инженеров, отобранных для работы в кесоне на строительстве Бакинского метрополитена, апрель 1963 г.





С. Н. Власов со строителями Минского метрополитена, 1980 г.



г. Баку. Начальник смены участка, 1952–1953 гг.

ровать ресурсами, техникой, планировать новые стройки или пусковые.

Сергей Николаевич оказывал содействие тоннелестроителям во внедрении механизированных щитов, цельных секций для перегонных тоннелей, в организации выпуска и применении гидростеклоизола, а также в решении многочисленных других вопросов.

В феврале 1990 г. на инициативном собрании представителей организаций, работающих в области научных исследований, проектирования, строительства и эксплуатации подземных сооружений, приняли решение о создании Всесоюзной ассоциации тоннельщиков.

В феврале 1992 г. в связи с ликвидацией СССР была проведена II Учредительная конференция, на которой было принято решение об утверждении новой ассоциации – Международного общественного объединения – «Тоннельная ассоциация», являющейся правопреемницей ВАТ.

После организации Тоннельной ассоциации Сергей Николаевич стремится привлечь в нее высококвалифицированных специалистов для решения проблем, возникающих при строительстве. Так, в 1993–1994 гг. была выполнена большая работа по исследованию и разработке мероприятий по обеспечению экологически безопасных условий строительства и эксплуатации участков Люблинской линии между станциями «Кожуховская» и «Печатники», в районе Марьино. Организованный при Тоннельной ассоциации Экспертно-технический совет совместно с Главгосэкспертизой России рассматривал ТЭО сооружения переходного участка между станциями «Минская» – «Славянский бульвар» с применением механизированных щитов.

На протяжении 20 лет под руководством Сергея Николаевича проводилась большая организационная и научно-производственная работа, позволившая укрепить авторитет Тоннельной ассоциации как в России, так и за рубежом.

2 мая 1986 г., в первые дни после аварии, в составе группы под руководством министра В. А. Брежнева Сергей Николаевич прибыл в Чернобыль. Там специалисты Минтрансстроя участвовали в проведении анализа и оценке происшедшего и разработке мероприятий против возможного проседания аварийного четвертого реактора.

Был выполнен большой объем проектных, строительно-монтажных и экспериментальных работ по предотвращению возможного развития катастрофы.

В 1996 г. Указом Президента России за участие в этих мероприятиях он был награжден орденом Мужества.

С. Н. Власов – кандидат технических наук, академик Российской академии транспорта, почетный член Академии горных наук. Автор более 130 печатных трудов (статьи, монографии, учебник, справочник) и 27 изобретений по различным вопросам тоннельного строительства.

Партия и правительство высоко оценили вклад С. Н. Власова в развитие отрасли, наградив его двумя орденами Трудового Крас-



Начало врезки щита фирмы «Ловат» для строительства тоннеля под железной дорогой в Москве, октябрь 1994 г.

ного Знамени и юбилейной медалью «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина», присвоив звания заслуженного инженера Азербайджанской ССР, лауреата Государственной премии СССР и премии Совета Министров СССР.

Сергей Николаевич являлся главным редактором журнала «Метро и тоннели», оказывая помощь в организации материалов, финансовую поддержку. Его авторские статьи по внедрению прогрессивных материалов и конструкций, новейших технологий и механизмов при строительстве метро и тоннелей систематически публиковались на страницах журнала.

Тоннельная ассоциация России, коллектив журнала и вся тоннельная общественность сердечно поздравляют дорогого Сергея Николаевича с 85-летием и желают ему крепкого здоровья, долгих лет жизни и творческого вдохновения!



К 80-ЛЕТИЮ ВЛАДИМИРА АРКАДЬЕВИЧА БРЕЖНЕВА



27 августа исполняется 80 лет крупнейшему организатору транспортного строительства, Министру транспортного строительства, многолетнему руководителю Корпорации «Трансстрой» Владимиру Аркадьевичу Брежневу.

Вся его жизнь посвящена почетному и благородному делу – развитию транспортной инфраструктуры нашей огромной страны. Пройденный им трудовой путь от прораба на строительстве гидротехнических сооружений в Приморском крае до Министра транспортного строительства и руководителя одной из наиболее крупных строительных организаций России ознаменован свершениями и значимыми событиями.

В. А. Брежнев родился на Украине, в городе Днепродзержинске. Окончив в 1949 г. школу, он начал трудиться на заводе слесарем, поступив одновременно на вечернее отделение местного металлургического института.

Однако проучившись два курса, перешел в Одесский гидротехнический институт, который окончил в 1955 г. Распределение он получил на Дальний Восток, в трест «Дальтехфлот» помощником багермейстера землечерпального каравана. Работал на судах технического флота в Приморье, на Сахалине, на Курильских островах и на Камчатке. Однако вскоре ему пришлось вернуться на Украину, на строительство железных дорог. Отныне он стал транспортным строителем на посту заместителя начальника СУ-150 треста «Югозаптранстрой», затем заместителя управляющего, а позже – управляющего этим же трестом. По объемам выполняемых работ трест выходит в число передовых в отрасли.

С 1975 г. В. А. Брежнев назначается заместителем министра транспортного строительства, а в 1985 г. его утверждают Министром транспортного строительства СССР.

Под руководством Владимира Аркадьевича началось массовое освоение в тоннелестроении России новых технологий, конструкций, материалов и средств механизации, что позволило в кратчайшие сроки построить крупные тоннельные комплексы на Кутузовской и Гагаринской транспортных развязках 3-го транспортного кольца Москвы, первый в России и самый сложный в инженерном отношении Лефортовский автодорожный тоннель глубокого заложения. Полученные при строительстве этих уникальных подземных сооружений знания и опыт с успехом используются в настоящее время при строительстве других транспортных объектов в России, в том числе на многочисленных объектах, связанных с проведением Зимних олимпийских игр 2014 г. в г. Сочи.

Когда взорвался реактор на Чернобыльской АЭС, В. А. Брежнев одним из первых во главе группы специалистов Минтрансстроя прибыл на место аварии. Работы были начаты в зоне еще горевше-

го реактора. Ситуация была критической. Но усилиями ликвидаторов, включая транспортных строителей, обстановку на АЭС удалось изменить, взять под контроль. За короткий срок были построены новая железнодорожная станция Славутич и железная дорога в обход зоны Чернобыльской АЭС.

Большое внимание В. А. Брежнев уделял перспективному развитию транспортного строительства, выходу на передовой научно-технический уровень, освоению новейших достижений мирового строительного опыта. Минтрансстрой активно сотрудничал с рядом известных и авторитетных зарубежных фирм, таких как «Бауэр», «Штеггер», «Ланц», «Путцмайстер».

Много сил и энергии потребовало у Владимира Аркадьевича строительство Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, особенно на заключительном этапе.

В 1991 г. перед Брежневым встал новая задача, связанная с преобразованием Минтрансстроя в Госкорпорацию «Трансстрой», на которую была возложена координация деятельности организаций и предприятий транспортного строительства, переход к работе в условиях нового хозяйственно-экономического механизма. В это труднейшее время В. А. Брежневу вместе с командой верных соратников удалось не только сохранить работоспособность крупнейших коллективов отрасли, но и создать новую структуру – ОАО Корпорация «Трансстрой».

Владимир Аркадьевич является одним из инициаторов создания Тоннельной ассоциации России и на протяжении более 10 лет руководил этой организацией в качестве председателя правления. За эти годы ассоциация завоевала заслуженный авторитет среди строителей тоннелей и подземных сооружений в нашей стране и за рубежом, стала активным проводником научно-технического прогресса в этой сложной и опасной подотрасли строительства.

Родина высоко оценила деятельность Владимира Аркадьевича. Он кавалер орденов «За заслуги перед Отечеством» III и IV степени, ордена Мужества, ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции, двух орденов Трудового Красного Знамени. Награжден Почетной грамотой Правительства РФ и имеет благодарность Президента Российской Федерации.

Тоннельная ассоциация России и все тоннельное сообщество нашей страны желают Владимиру Аркадьевичу крепкого здоровья, долгих лет жизни, дальнейших успехов на благо нашей страны.