

Метро *и* тоннели

№ 1

апрель 2024



ТОННЕЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ РОССИИ ИНФОРМИРУЕТ О ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ 2024»

Место проведения конференции:

конференц-зал «Ялта» в Marins Park Hotel Нижний Новгород
г. Нижний Новгород, ул. Советская.

Дата проведения:

5-6 июня 2024 г.

Организатор:

Тоннельная ассоциация России



marinshotels.ru/ru/contacts

Целью конференции является обмен результатами последних научных исследований в сфере освоения подземного пространства; обсуждение проблемных вопросов в области инженерных изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации транспортных тоннелей, в том числе глубокого заложения и других подземных сооружений мегаполисов; обмен опытом по практическому применению современных строительных технологий и материалов, а также научно-техническому сопровождению подземного строительства.

Заявку для участия в конференции необходимо
предоставить в ТАР до 15 мая 2024.

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИИ!

По всем вопросам, связанным с организацией и участием
в конференции (в том числе оформление заявок на участие),
обращаться в Исполнительную дирекцию ТАР по

тел.: +7 903-132-66-72, 8-495-608-80-32;
эл. почта: ISmotrov@rus-tar.ru.





Мосметрострой



№1, 2024

Журнал

Тоннельной ассоциации России, входит в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Председатель
редакционной коллегии**К. Н. Матвеев**, председатель
правления ТАРЗам. председателя
редакционной коллегии**И. Я. Дорман**, доктор техн. наук

Ответственный секретарь

С. В. Мазеин, доктор техн. наук,
зам. руководителя
Исполнительной дирекции

Редакционная коллегия

В. В. Адушкин, академик РАН
В. Н. Александров
М. Ю. Беленький
А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук
В. В. Внутских
С. А. Жуков
В. Н. Захаров, академик РАН
Б. А. Картозия, доктор техн. наук
Е. Н. Курбацкий, доктор техн. наук
М. О. Лебедев, канд. техн. наук
И. В. Маковский, канд. техн. наук
В. Е. Меркин, доктор техн. наук
М. Х. Миралимов, доктор техн. наук
М. М. Рахимов, канд. техн. наук
А. Ю. Старков
Т. В. Шепитько, доктор техн. наук
Ш. К. Эфендиев

Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172

факс: (495) 607-3276

www.rus-tar.ru

e-mail: info@rus-tar.ru

Предпечатная подготовка

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71

127521, Москва,

ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,

оф. 4206

e-mail: metrotunnels@gmail.com

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения Тоннельной ассоциации России**Строительство****Строительство подземного пешеходного
тоннеля закрытым способом в зоне влияния
метрополитена в Минске**

2

А. Л. Василевский

Уникальные проекты**Сооружение станции метрополитена
на действующей линии без перерыва
движения поездов (отечественный опыт)**

8

И. Я. Дорман, С. В. Мазеин

Пожаробезопасность**Проблемные вопросы проектирования
противопожарной защиты железнодорожных
тоннелей**

14

А. А. Викторов, В. А. Поляков

Мониторинг**Взаимосвязь объемной активности радона
в тоннелях Байкальской рифтовой зоны
с параметрами сейсмособытий в регионе**

18

К. В. Романевич, С. Н. Мулев, Т. А. Киряева, Е. В. Дорот,
А. В. Глазнева, П. М. Пономаренко**Гидроизоляция****Определение эффективности ликвидации
водопроявлений дефектов ПВХ мембран
на станционном комплексе «Говорово» в Москве**

22

А. А. Слабодкин, Д. В. Бирюков

Транспортные тоннели**Подводные транспортные тоннели
в Сибири и на Дальнем Востоке**

28

Л. В. Маковский, В. В. Кравченко

**Перспективы проектирования и сооружения
тоннелей на высокоскоростных железнодорожных
магистралях с учетом аэродинамических процессов**

30

О. О. Шелгунов

Зарубежный опыт**Тоннельная тематика на XXVII Всемирном
дорожном конгрессе**

34

В. В. Космин

Вопросы высшего образования**Методология формирования аналитического,
системного, исследовательского мышления
у студентов для создания прогрессивных технологий
в подземном строительстве**

37

Я. В. Мельник, В. А. Черняева

Наша история**Воспоминания участника ликвидации
аварии на ЧАЭС в 1986 году**

40

В. Н. Пархоменко

**Прикладная наука в области
тоннеле-и метростроения**

42

В. А. Гарбер

Конференции**Круглый стол «Инновации в подземном
строительстве – 2024»**

43

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Сооружение экрана
из труб для пешеходного
тоннеля в Быково
(с. 17)

СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЗЕМНОГО ПЕШЕХОДНОГО ТОННЕЛЯ ЗАКРЫТЫМ СПОСОБОМ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА В МИНСКЕ

CONSTRUCTION OF AN UNDERGROUND PEDESTRIAN TUNNEL BY A CLOSED METHOD IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE METRO IN MINSK

А. Л. Василевский, ОАО «Минскметропроект», Республика Беларусь

A. L. Vasilevsky, OJSC Minskmetroproekt, Republic of Belarus



Рис. 1. Общий вид строительства подземного пешеходного перехода

Приведен опыт строительства подземного пешеходного тоннеля без остановки движения транспорта под центральной автомагистралью г. Минска проспектом Независимости (на глубине около 1,5 м от поверхности) и действующими тоннелями метрополитена мелкого заложения (около 2,5 м от свода тоннелей пешеходного тоннеля). Сооружение пешеходного тоннеля выполнено под защитой экрана из труб при помощи направленного буровнекового бурения с последующей проходкой и возведением конструкций закрытым способом работ.

Presents the experience of construction of an underground pedestrian tunnel without stopping traffic under the central highway of the city Independence Avenue (at a depth of $\approx 1,5$ m from the surface) and operating shallow metro tunnels ($\approx 2,5$ m from the roof of the pedestrian tunnels). The construction of the pedestrian tunnel was carried out under the protection of a screen of pipes using directional auger drilling with subsequent sinking and erection of structures by a closed method of work.

Под проспектом Независимости, центральной магистралью, соединяющей город с аэропортом, сооружен пешеходный переход (рис. 1). Общая длина сооружения 80 м, ширина 4 м, высота в свету 2,5 м, имеет два входа. Движение основного потока граждан осуществляется по лестничным спускам шириной 4 м. Движение

инвалидов и пешеходов с детскими колясками предусмотрено по пандусам-съездам шириной 1,4 м.

Строительство было связано с рядом осложняющих факторов:

- основной участок строительства длиной 40 м выполнен закрытым способом;
- большой слой насыпного грунта с вклю-

чением строительного мусора и валунов с размером более 200 мм (на границе супеси моренной и песка);

- наличие действующих и не действующих сетей подземных коммуникаций;
- по требованиям технического задания на проектирование строительство необходимо было осуществлять без остановки

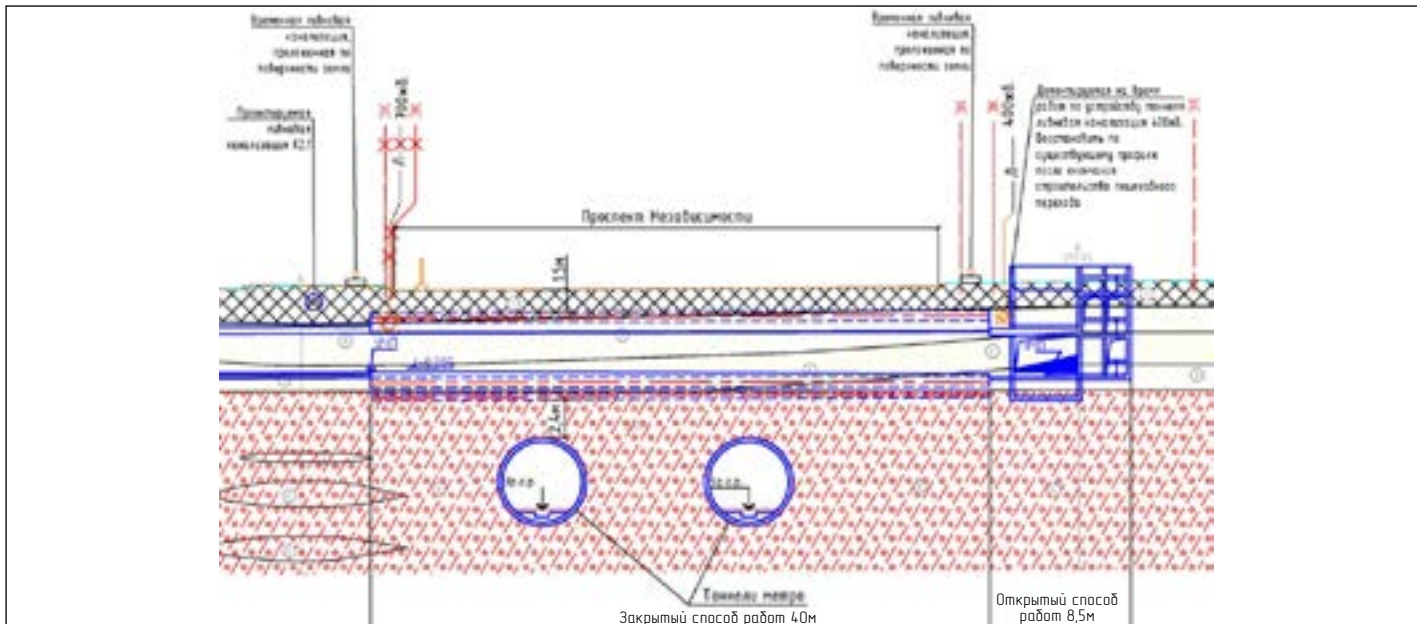


Рис. 2. Продольный профиль пешеходного тоннеля, совмещенный с инженерно-геологическим разрезом

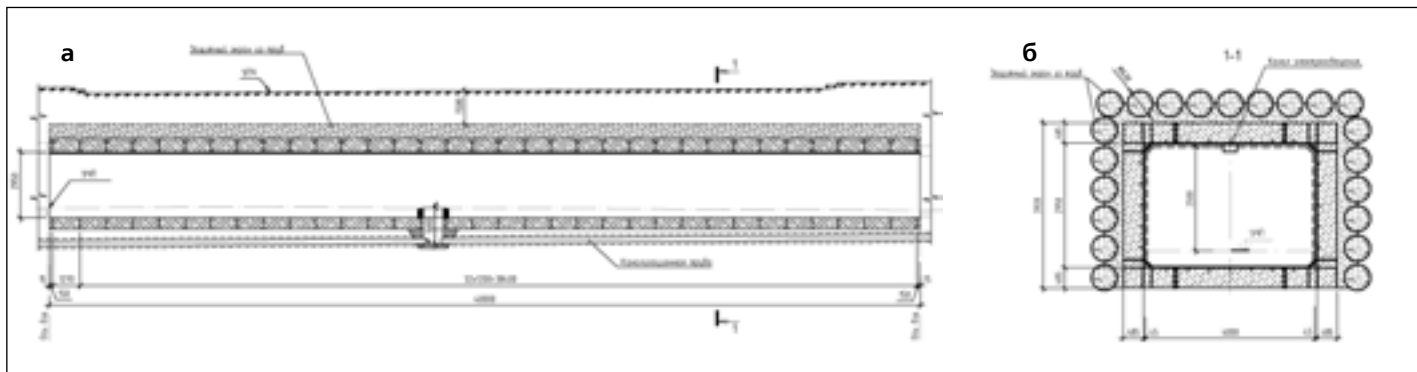


Рис. 3. Продольный (а) и поперечный (б) профиль пешеходного тоннеля

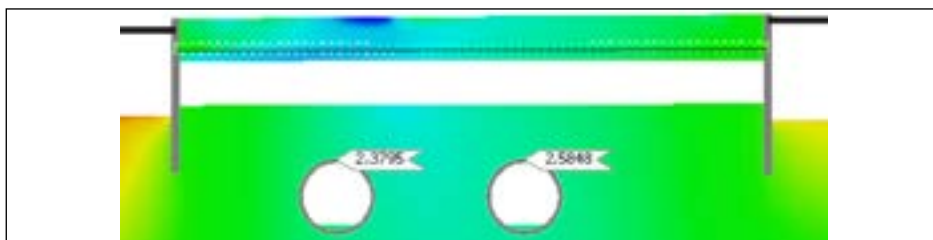


Рис. 4. Продольный разрез по оси перехода на участке. Эпюра деформации обделок перегонных тоннелей

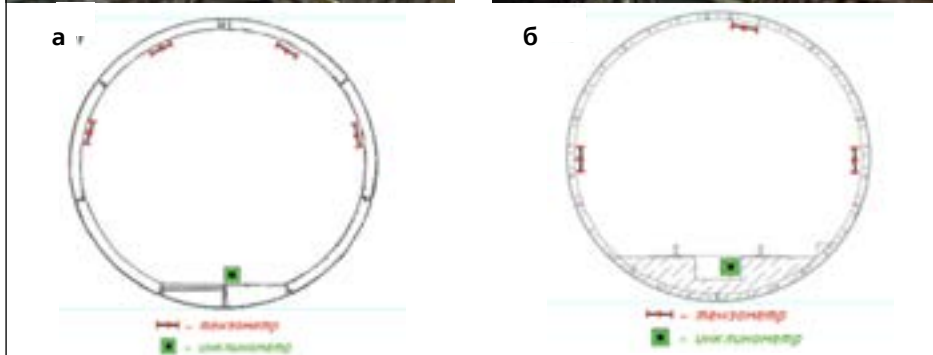


Рис. 5. Схема расположения контрольно-измерительного оборудования в железобетонной обделке левого перегонного тоннеля метро (а); схема расположения контрольно-измерительного оборудования в чугунной обделке правого перегонного тоннеля метро (б)

движения по проспекту Независимости и движения поездов метрополитена (тоннели расположены на глубине 9 м).

С учетом осложняющих факторов и обеспечения непрерывности движения транспорта по проспекту, строительство подземного пешеходного тоннеля было принято выполнять под защитой экрана из труб диаметром 630×8 мм.

Расстояние от поверхности проезжей части до экрана из труб составило 1,5 м, до тоннелей метро – 2,5–3 м. Длина участка тоннеля закрытого способа работ 40 м (рис. 2).

В процессе разработки грунта под защитой экрана из труб, экран опирался на рамы из двутавра 50Ш1 с шагом 1,2 м. Выполнялось армирование и бетонирование заходок. Металлические рамы использовались для крепления металлоизоляции толщиной 8 мм, которая выступала в качестве несъемной опалубки, а также в качестве жесткого армирования (рис. 3).

Для обеспечения безопасности строительства выполнена оценка влияния от пешеходного тоннеля на обделку существующих перегонных тоннелей метро с помощью программного комплекса Midas GTS NX. В расчетной модели учтена поэтапная разработка грунта и влияние деформаций от разгрузки залегающих ниже грунтов



Рис. 6. Бурение литерной скважины для установки свай (а); устройство затяжки (б)

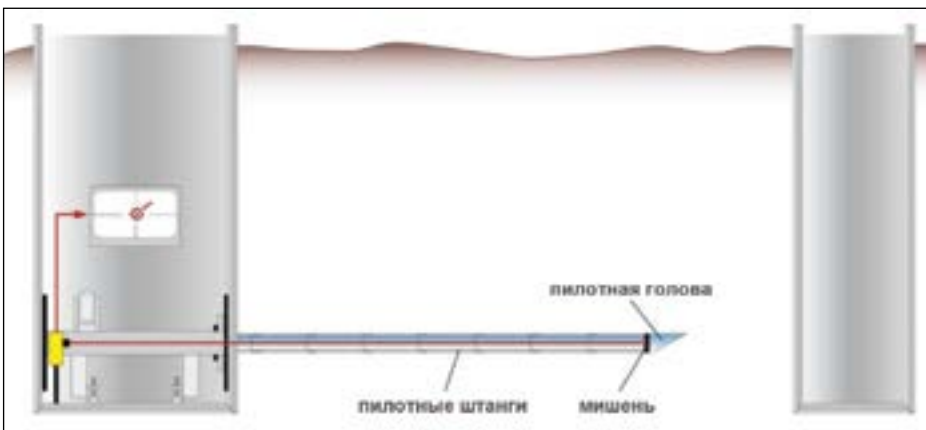


Рис. 10. Управляемое пилотное бурение в вытесняемом грунте

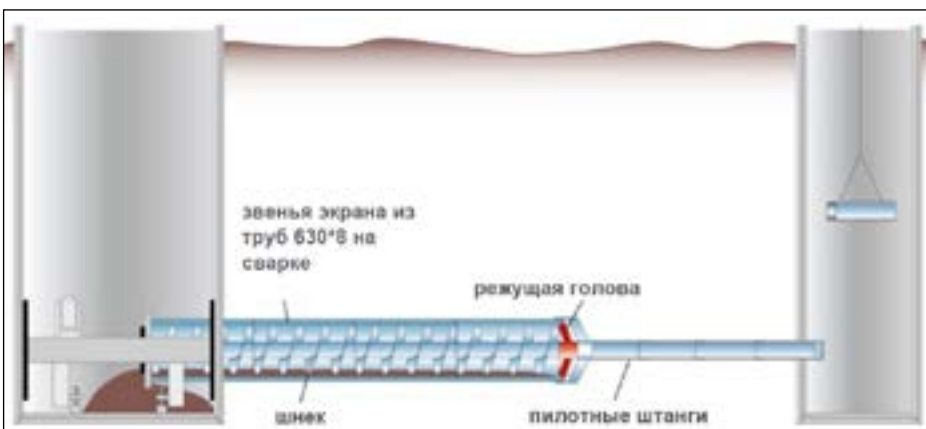


Рис. 11. Бурение с применением обсадных стальных труб с шнековым звеном

на тоннели метро.

С учетом устройства экрана из труб, этапности разработки и сооружения конструкций пешеходного тоннеля, расчётная величина поднятия тоннеля метро составила 3 мм, что является допустимыми для обеспечения условия сохранности геометрической формы и целостности обделки. Результаты расчетов приведены на рис. 4.

На весь период проходки закрытым способом осуществлялся мониторинг тоннелей, включающий маркшейдерско-геодезический, визуальный и инструментальный монито-

ринг, а также постоянный дистанционный мониторинг напряженно-деформированного состояния элементов обделки тоннеля (рис. 5) с помощью тензометров и инклинометров.

Строительство подземного пешеходного тоннеля осуществлялось в пять основных этапов.

Первый этап. Устройство крепления стартового и приемных котлованов из двутавровых балок с деревянной затяжкой. Для исключения вибрации при погружении, балки устанавливались в заранее пробурен-



Рис. 7. Бурошнековая установка VM 400LS



Рис. 8. Пилотная буровая головка и обсадная труба со шнеком



Рис. 9. Расширитель

ные скважины с последующей засыпкой цементогранулятом (до дна котлована) и песком.

По мере разработки котлована производилась установка металлических поясов крепления и расстрелов, а также устройство затяжки бортов котлованов деревянной доской (рис. 6).

Второй этап. Устройство защитного экрана из труб выполнялось методом направленного бурения с помощью бурошнековой установки VM400LS фирмы Bohrtec («Бортек»), Германия (рис. 7), состоящей



Рис. 12. Работы по устройству экрана из труб



Рис. 13. Разработка грунта малогабаритной техникой

из силовой установки с гидроцилиндрами, гидроагрегата, пилотной буровой головки и штанг, расширителя, набора шнеков и труб (рис. 8 и 9).

Технология устройства экрана выполнена в два этапа:

- пилотное бурение диаметром 130 мм (рис. 10),
- бурение скважин под защитой обсадных труб 630×8 мм с одновременной разработкой грунта и выдачей его из трубы (рис. 11).

На рис. 12 показаны этапы работ по устройству экрана из труб.

После завершения продавливания металлические трубы экрана были забетонированы.

Для оценки воздействия устройства экрана из труб на тоннели метро, трубы, максимально приближенные к обделке тоннеля, выполнялись в ночные «окна» движения поездов. После оценки влияния на напряженно-деформированное состояние тоннеля было принято решение о ведении работ в круглосуточном режиме.

Третий этап. Проходка перехода закрытым горным способом, сооружение постоянной обделки перехода.

Технология и очередность ведения проходческих работ выполнялись циклично заходками по 1,2 м, разработка грунта осуществлялась малогабаритным экскаватором с вывозом погрузчиком под защитой экрана из труб (рис. 13), установка с помощью подъемника и лебедки рам крепи из двутавра 50Ш1 с шагом 1,2 м.

По мере проходки выполнялись армирование и бетонирование постоянной обделки



Рис. 14. Металлоизоляция пешеходного тоннеля



Рис. 15. Вход в подземный пешеходный тоннель

пешеходного перехода заходками по 2,4 м. В качестве несъемной опалубки использовались листы металлоизоляции (рис. 14).

Четвертый этап. После окончания проходки в стартовом и приемных котлованах сооружались участки пешеходного перехода открытого способа работ, обратная засыпка и демонтаж крепления котлованов.

Пятый этап. Выполнялась отделка и обустройство пешеходного тоннеля (устройство полов, монтаж оборудования, благоустройство и др.).

По результатам выполненного мониторинга новых трещин и сколов в обделке метро не было выявлено, ширина и глубина раскрытия существующих трещин не изменилась. Максимальные перемещения контрольных точек не более 2 мм, смежных блоков – 1 мм. Дополнительные напряжения в элементах обделки тоннелей метро не превысили значений (15 МПа), установленных программной мониторинга.

Благодаря слаженной работе заказчика, подрядчика и проектировщика фактический срок строительства подземного пешеходного тоннеля составил 10 месяцев вместо проектного срока в 15 месяцев.

На рис. 15 показан вход в построенный подземный пешеходный тоннель.

Описанная технология строительства не является универсальной и, конечно, не может быть рекомендована к повсеместному внедрению. Применение данной технологии требует осторожности и учета ряда необходимых условий:

- выполнение комплексных расчетов, учитывающих все факторы совместной работы сооружений (дорога, переход, тоннели метро) на всех этапах строительства;
- обеспечение высокой культуры производства строительно-монтажных работ и четкого соблюдения проектных решений;
- мониторинг деформаций и технического состояния строительных конструкций в течение всего периода строительства.

Технология строительства закрытым способом без остановки движения транспорта по автомобильной дороге и в непосредственной близости от действующих тоннелей метро в практике Минского метрополитена применялась впервые, при её реализации удалось выполнить строительство подземного пешеходного тоннеля в плотно застроенной городской черте без перекрытия движения транспорта.

Ключевые слова

Защитный экран из труб, подземный пешеходный тоннель, техническая зона метро, оценка влияния, мониторинг деформаций, опыт строительства.

Pipe protective screen, underground pedestrian tunnel, metro technical area, impact assessment, deformation monitoring, construction experience.

Для связи с автором

Василевский Александр Леонидович
vasilevskiy@metropr.by



3 января 2024 г. исполнилось 70 лет Александру Никитовичу Панкратенко, ученому в области шахтного и подземного строительства, члену правления Тоннельной ассоциации России.

Александр Никитович родился в простой многодетной семье в Белоруссии. После прохождения службы в рядах Советской армии поступил в Московский ордена Трудового Красного знамени горный институт, который окончил в 1980 г. с отличием по специальности «Шахтное и подземное строительство».

Он прошел все этапы становления как специалиста от горного мастера до заведующего кафедрой строительства подземных сооружений и горных предприятий, которой успешно руководит и в настоящее время.

После окончания горного института А. Н. Панкратенко работал в системе Главмосинжстроя горным мастером, а затем начальником участка. В 1984 г. поступил на дневное отделение аспирантуры МГИ на кафедру строительства подземных сооружений и шахт, в 1987 г. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Затем работал на кафедре в должности научного сотрудника. В 1988 г. в порядке перевода А. Н. Панкратенко был зачислен во Всесоюзный институт «Оргэнергострой» на должность старшего научного сотрудника в отдел тоннельных работ, где принимал участие в разработке проектов для строительства подземных комплексов Рогунской и Памирской ГЭС, а также ряда других гидротехнических объектов. С мая 1990 г. А. Н. Панкратенко работал в должности ассистента, а затем доцента кафедры строительства подземных сооружений и шахт Московского горного института.

В 2002 г. Александр Никитович успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук, и по 2016 г. работал профессором кафедры строительства подземных сооружений и шахт Московского государственного горного университета. С 2016 г. и по настоящее время является заведующим кафедрой строительства подземных сооружений и горных предприятий горного института НИТУ МИСиС.

Профессор А. Н. Панкратенко является крупным ученым в области шахтного и подземного строительства. Он внес заметный вклад в разработку научных основ расчета параметров технологий строительства подземных выработок различного назначения и обоснования параметров крепи выработок большого поперечного сечения. В настоящее время он уделяет большое внимание подготовке горных инженеров-строителей. При его активном участии ведется обучение горных инженеров по специальности «Шахтное и подземное строительство». Им подготовлено более 220 горных инженеров-строителей и 9 кандидатов технических наук.

По результатам научно-исследовательской и педагогической деятельности им опубликовано более 162 печатных работ, в том числе 11 учебников и учебных пособий, получено более 10 изобретений и патентов. В 2005 г. Александр Никитович стал лауреатом премии Правительства Российской Федерации в области образования, как один из авторов учебника для образовательных учреждений высшего профессионального образования «Шахтное и подземное строительство».

В последнее время он принимает самое активное участие в разработке и внедрении новых технологий строительства коммуникационных тоннелей, а также линий метрополитена. В 2019 г. под его руководством группа специалистов получила премию Правительства РФ в области науки и техники.

А. Н. Панкратенко является действительным членом Российской академии естественных наук, действительным членом академии Горных наук РФ, имеет награды: почетный строитель России, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, знак отличия «Шахтерская слава III степени».

А. Н. Панкратенко является членом Диссертационного совета НИТУ «МИСиС», входит в состав Экспертного совета при Департаменте Градостроительной политики г. Москвы, Научно-технического совета в ФГУП «НО РАО», а также входит в состав правления Тоннельной ассоциации России.

Под руководством Александра Никитовича в настоящее время проводится усиление связи кафедры с производством, что позволяет вести подготовку специалистов согласно запросам отрасли. Постоянно наращивается объем выполнения хозяйственных НИР по заказам ведущих отечественных и зарубежных компаний горнодобывающей отрасли: ПАО «ГМК «Норильский Никель», АО «Трансинжстрой», ООО «Тиссен Шахтбау» (Германия), АО «Механобр», ООО «ЭльгаУголь», а также ФГУП «НО РАО» и др. В рамках выполнения НИР кафедра осуществляет научное сопровождение и мониторинг уникальных подземных объектов горнодобывающей промышленности, в том числе самого глубокого ствола в Евразии – скипо-клетевого ствола рудника «Скалистый» и Московского метрополитена, разрабатывает новые нормативно-технические документы, а также эффективные технические и технологические решения для отрасли на основе результатов компьютерного моделирования, шахтных и лабораторных экспериментов и др.

Александр Никитович постоянно держит курс на модернизацию специальности и внедрение новых технологий. Так, на кафедре широко развивается новое направление: BIM-технологии при проектировании и строительстве различных подземных объектов.

Поздравляем дорогого Александра Никитовича со славным юбилеем!

Желаем новых творческих побед и свершений на благо горно-строительной отрасли!

Правление Тоннельной ассоциации России
Коллектив кафедры СПСиГП НИТУ МИСиС

СООРУЖЕНИЕ СТАНЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА НА ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ЛИНИИ БЕЗ ПЕРЕРЫВА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ (ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ)

И. Я. Дорман, С. В. Мазеин, Тоннельная ассоциация России

В статье изложен уникальный отечественный опыт реконструкции перегонных тоннелей в станцию метрополитена («Горьковская», ныне «Тверская») без перерыва движения поездов на перегоне между станциями «Театральная» и «Маяковская» Замоскворецкой линии Московского метрополитена, осуществленной в 1976–1979 гг. строительно-монтажным управлением № 7 Московского метростроя (СМУ-7), где имел честь трудиться начальником смены на подземных работах один из авторов.

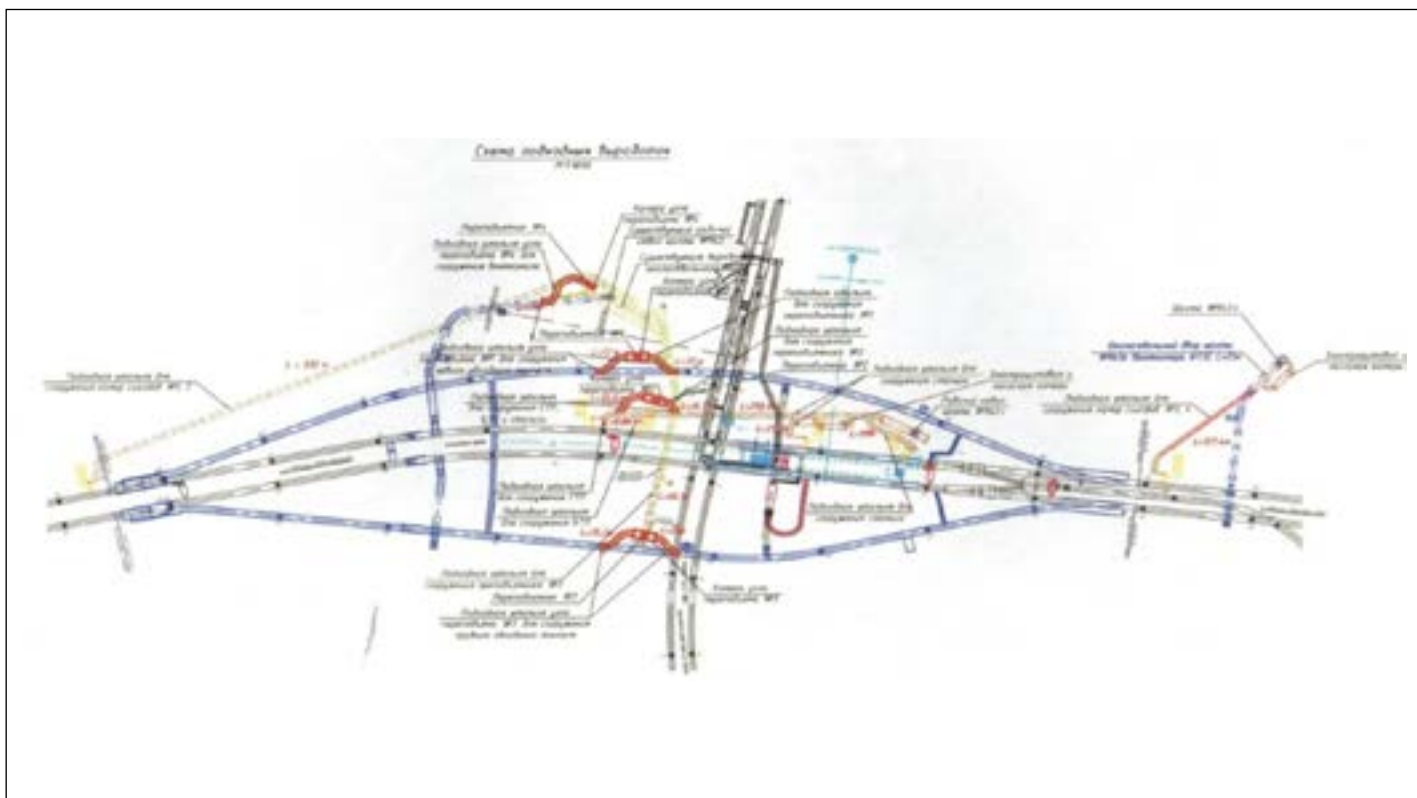


Рис. 1. Эскиз строительства станции «Суворовская»

Прежде чем рассказать об опыте проекта, осуществленном почти 50 лет назад инженерами и проходчиками СМУ-7 Мосметростроя и проектировщиками института «Метрогипротранс», необходимо сделать небольшое отступление в сегодняшний день.

В 2023 г. в Москве началось строительство станции метрополитена «Суворовская» на Кольцевой линии, как пересадочной на радиальную станцию «Достоевская» Люблинско-Дмитровской линии, поскольку эта линия была единственной, не имевшей пересадку на Кольцевую линию.

Проектами института АО «Метрогипротранс» с 2020 г. и ныне ООО «Институт Мосинжпроект» предусмотрено на участке между станциями «Новослободская» и «Прспект Мира» Кольцевой линии соорудить два обходных перегонных тоннеля, каждый длиной более 600 м (рис. 1) с четырьмя группами камер съездов. Каждая камера

длиной более 60 м (рис. 2). На эти обходные тоннели планируется перевести движение по Кольцевой линии на время строительства станции.

Для строительства обходных тоннелей, камер съездов и перевода движения поездов на обходные тоннели на много месяцев прекращается движение по Кольцевой линии. После перевода движения на обходные тоннели, действующие перегонные тоннели демонтируются, и на их месте будет сооружаться станция «Суворовская» с пересадочным узлом на станцию «Достоевская». Общий срок строительства станции предусмотрен порядка шести лет.

Однако в Москве в 70-х годах прошлого столетия метростроителями была сооружена станция на действующей линии без перерыва движения поездов, без организации трудоемких и дорогостоящих камер съездов за неполные четыре года!

Задача была чрезвычайно сложной.

Раньше не только в Московском метро, но и нигде в мире не сооружали станций на действующих участках без перерыва движения. Да ещё и на такой глубине – 42 м. Начальник Метростроя в те годы даже сравнивал эту линию с ожерельем, в которое нужно добавить бусинку. Причём не с краю, а в середину [1].

Считаем, что читателям журнала, особенно молодым инженерам, будет полезно рассмотреть этот уникальный успешный опыт подобного строительства станции метрополитена на трассе действующих перегонных тоннелей, который в учебниках по метростроению, к сожалению, не освещен.

Итак, в 1935 г. в Москве было начато строительство II очереди метрополитена, включающей Горьковский (ныне Замоскворецкий) радиус от ст. «Площадь Свердлова» (ныне «Театральная») до ст. «Сокол».

На перегоне от ст. «Площадь Свердлова» до ст. «Маяковская» длиной 2095 м, трасса проходит под Пушкинской площадью, где

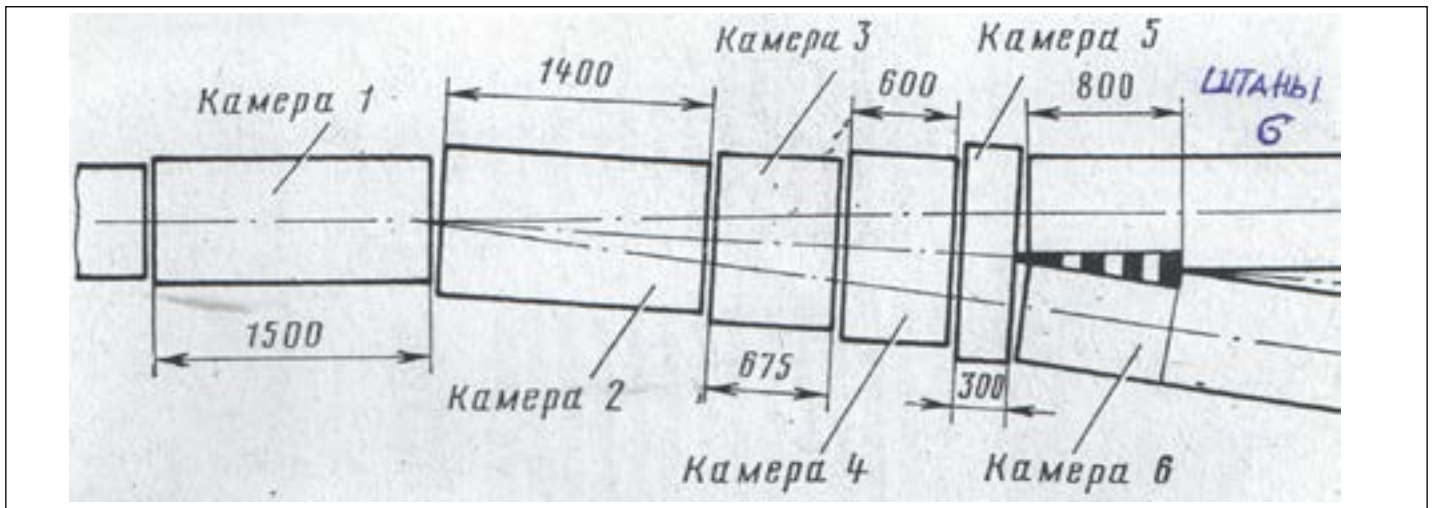


Рис. 2. Типовая схема камеры съездов

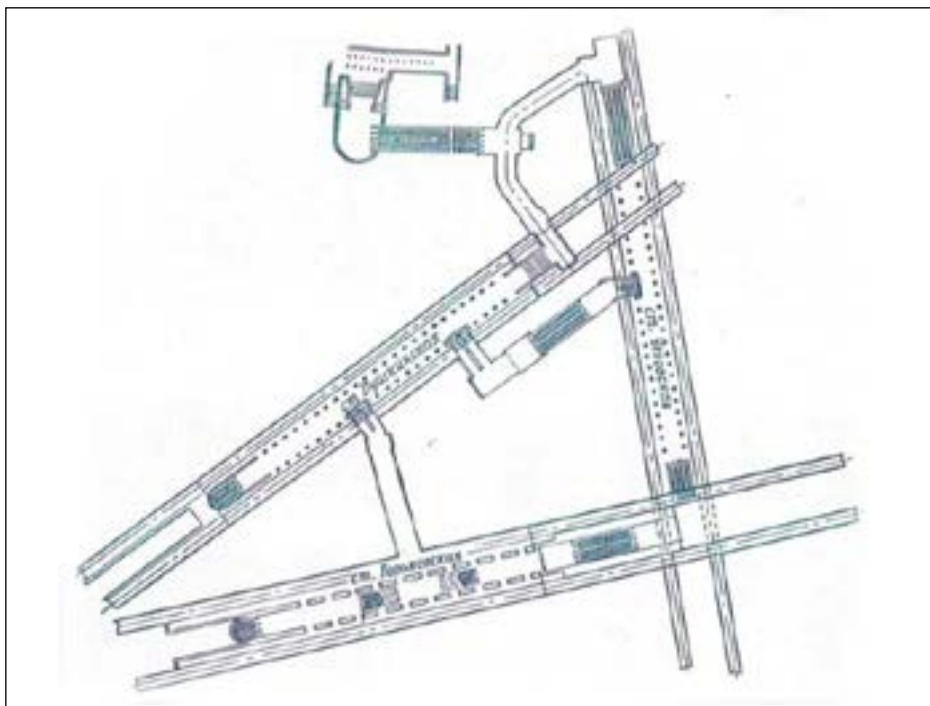


Рис. 3. Пересадочный узел из трех станций метрополитена под Пушкинской площадью в Москве

по Генплану в будущем предполагалось построить ст. «Горьковская», поскольку здесь должен был образоваться крупный пересадочный узел из трех станций на трех радиусах, который сегодня уже функционирует (рис. 3) [2]. Предвидя это, проектировщики Метропроекта (ныне АО «Метротранс») почти 90 лет назад предусмотрительно раздвинули оси перегонных тоннелей Замоскворецкого радиуса в месте будущей станции под Пушкинской площадью на 25,4 м, предвидя возможность в будущем разместить между ними средний тоннель пилонной станции.

Сооружение станции глубокого заложения на действующей линии метрополитена без перерыва движения поездов в Москве – весьма сложная инженерная задача, не имевшая прецедента в практике метростроения. Она обусловлена сложными геологическими данными в этом месте: перемежающиеся напластования горных

пород различной структуры и крепости, меняющийся характер обводнения забоев и юрские глины в кровле станционных тоннелей. Специфические условия потребовали тщательного подхода к выбору параметров основных конструкций сооружений, а также решения проблемы организации строительства и методов производства работ, исходя из требований непрерывности движения поездов и безопасности труда.

В Техническом проекте строительства станции «Горьковская» были заложены решения, как сегодня и на станции «Суворовская», а именно:

- строительство должно осуществляться через новый шахтный ствол с соответствующим комплексом сооружений и подземных выработок;
- работы на самой станции предусматривались после освобождения зоны строительства и перевода поездов на предварительно пройденные обходные тоннели; их общая

длина – 738 м, с четырьмя группами камер съездов по 64 м каждая (рис. 2). Станция пилонного типа была запроектирована в обделке из чугунных тубингов с тоннелями круглого очертания (рис. 4). Срок строительства по Техническому проекту был определен не менее пяти лет!

Анализ Технического проекта специалистами СМУ-7 показал, что предусмотренные в нем решения не являются оптимальными по технико-экономическим показателям и в должной мере не отвечают специфике конкретных условий строительства. Так, создание нового шахтного комплекса связано с необходимостью сноса пяти жилых домов. Следовательно, помимо стоимости сооружений и обустройства комплекса, предстояли большие затраты государственных средств.

Учитывая выявленные обстоятельства и специфику строительства станции на действующей линии по предложению СМУ-7 Мосметростроя (50 лет назад!) институт «Метротранс» в 1974 г. разработал новое техническое решение по строительству станции «Горьковская» (рис. 5) без обходных тоннелей и без нового шахтного комплекса, которое было успешно осуществлено СМУ-7 Мосметростроя! [3].

Средний тоннель станции круглого очертания сооружен из чугунных тубингов диаметром 9,5 м. В центре его – узел пересадки на ст. «Пушкинская» с четырьмя эскалаторами (как на рис. 4, на разрезе рис. 5 не показан). Боковые тоннели представляют собой объемлющие обделку действующих перегонных тоннелей своды из чугунных тубингов диаметром 9,5 м, опирающиеся на бетонные ленточные основания. Внешние (по отношению к оси станции) опоры сводов примыкают к обделкам действующих перегонных тоннелей и расположены таким образом, что пять сводов станционных тоннелей подняты выше диаметра перегонных на 2,5 м.

Основание внутренних бетонных опор на 0,5 м ниже основания перегонных тоннелей. Опоры эти смещены к оси станции, образуя свободное пространство между обделками станционных и перегонных

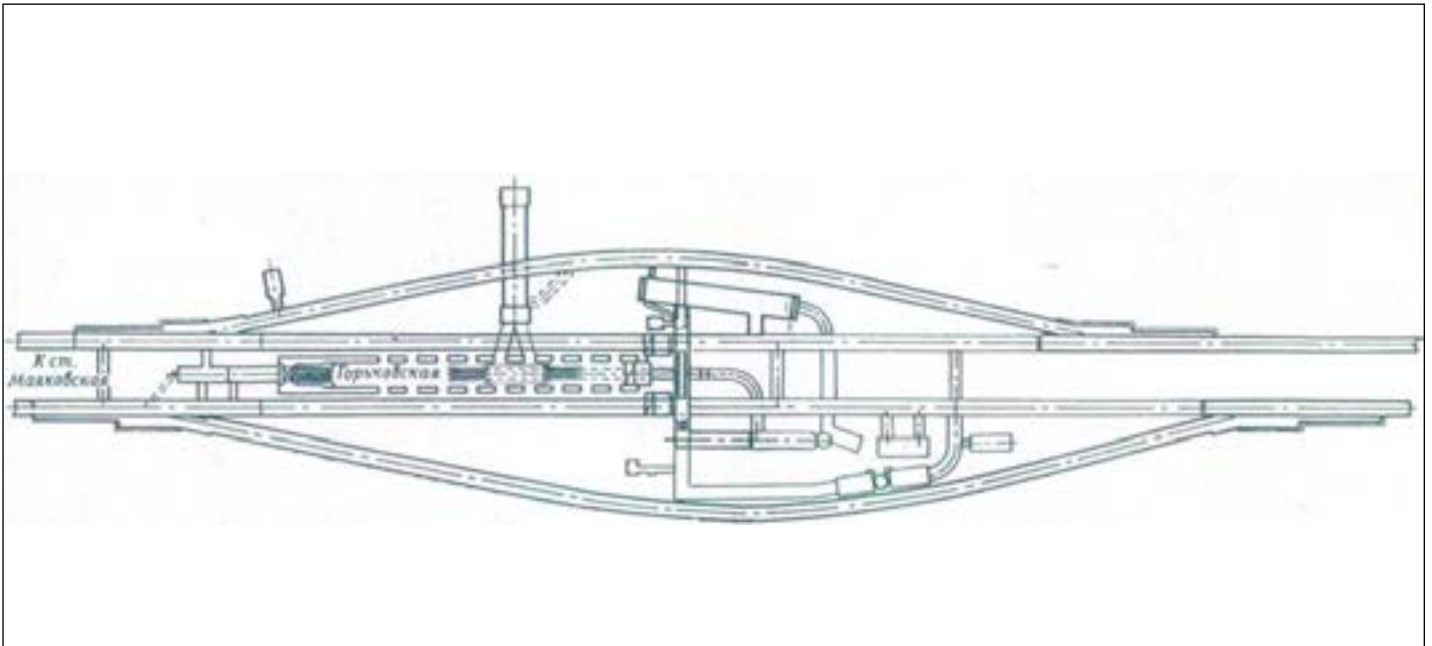


Рис. 4. План строительства станции «Горьковская» с обходными тоннелями по Техническому проекту

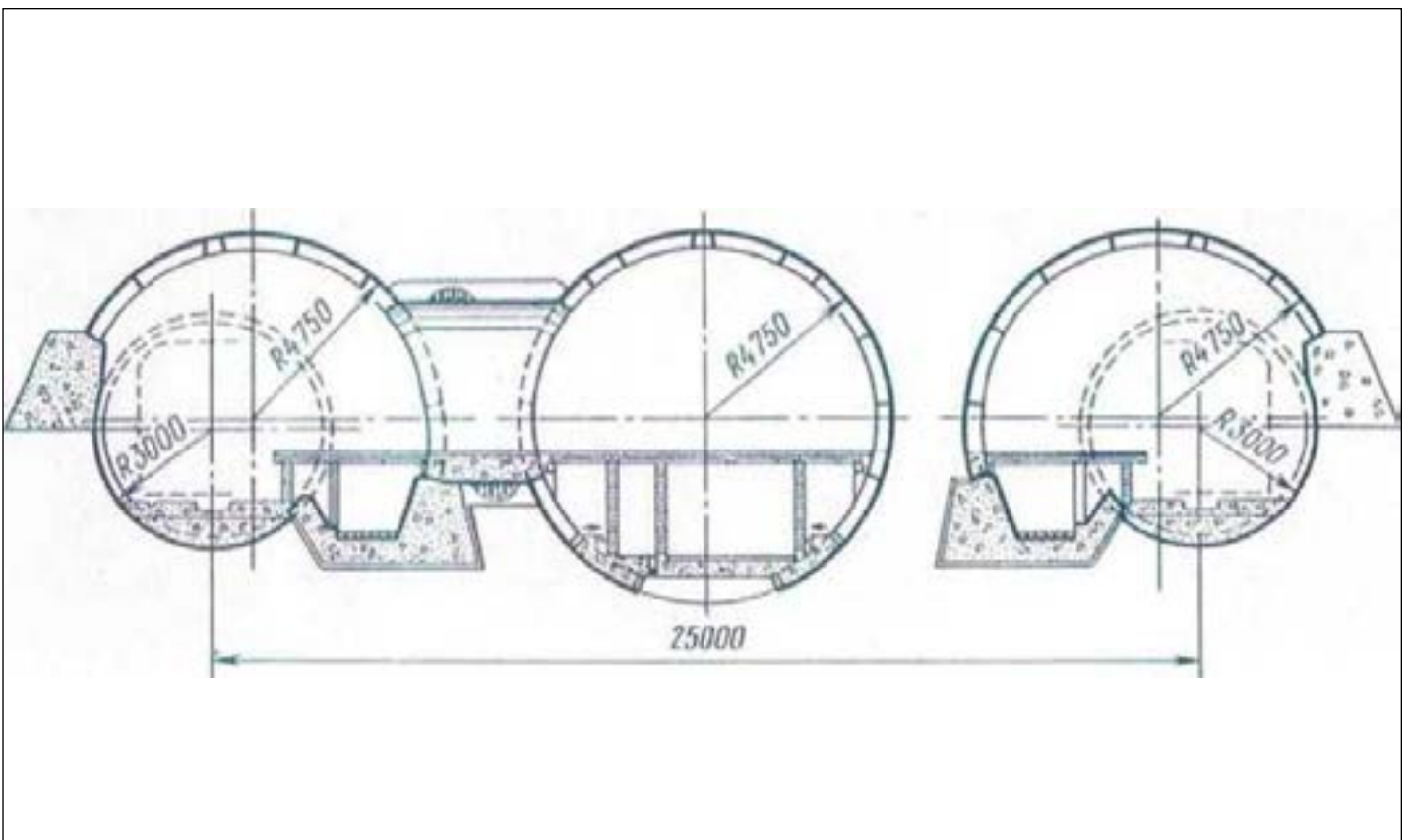


Рис. 5. Конструкция осуществленной строительством пилонной станции «Горьковская»

тоннелей на уровне пят сводов в 2,5 м. Таким очертанием было обеспечено технологическое пространство между обделками действующих перегонных и сооружаемых станционных тоннелей, достаточное для выполнения горнопроходческих работ в нормальных условиях. Из поперечного сечения станции видно (см. рис. 5), что примерно половина обделок действующих перегонных тоннелей (нижние части) не разбирается и включены в конструкцию боковых станционных тоннелей. Существенно была измене-

на конструкция рам проемов, которые как в боковых, так и в среднем тоннеле выполнены без обратных сводов, что наполовину сократило потребность в остродефицитных фасонных тубингах (рис. 6).

На стенах действующих перегонных тоннелей размещалось большое количество кабелей. Коммуникации нужно было переложить до демонтажа тубингов. Перекладка решена в комплексе с разработкой схемы вентиляции. Сечение действующих перегонных тоннелей диаметром 6 м, в отличие

от позднейших типов конструкций чугунных обделок диаметром 5,5 м, позволило выполнить облицовку путевых стен по металлическим каркасам и использовать пазухи между ними и обделками в качестве кабельно-вентиляционных коллекторов, в которые были переложены без разрезки кабели (рис. 7).

Внутренние опоры сводов боковых тоннелей станции (слева на рис. 7) расположены на расстоянии более 2 м от обделки перегонных тоннелей. В этом пространстве появилась возможность создать подплатформен-

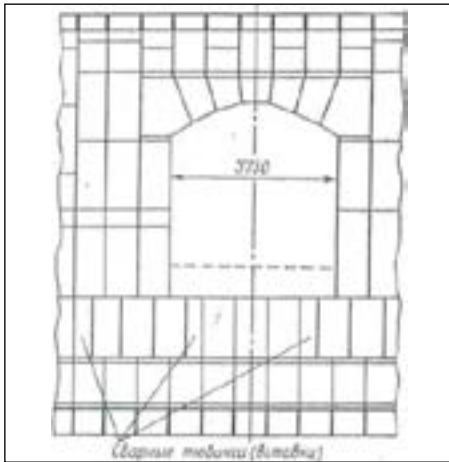


Рис. 6. Рама проема без нижних фасонных тубингов

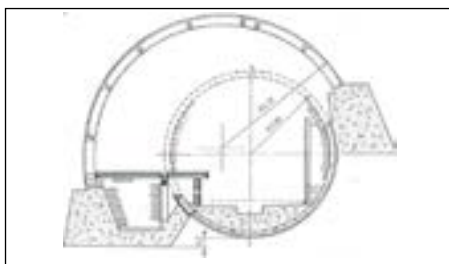


Рис. 7. Поперечное сечение бокового тоннеля. Кабели проложены за металлоконструкцией

ные кабельно-вентиляционные коллекторы, в которые сделать перекладку до разборки обделок перегонных тоннелей.

Применена разрезная в продольном направлении конструкция посадочных платформ с целью выполнения работ за пределами габарита действующих тоннелей в нормальных условиях, а не в ночные окна (см. рис. 7).

Такое решение позволило соорудить основную часть платформ с подплатформенными кабельно-вентиляционными коллекторами для перекладки кабелей до разборки обделок во время движения поездов по действующим перегонным тоннелям.

Опережающим по времени началось строительство буровзрывным способом камеры для монтажа эректора для сооружения из подходных штолен среднего станционного тоннеля через существовавший шахтный ствол, который использовался ранее для сооружения ст. «Пушкинская».

Дальнейшая реконструкция осуществлялась последовательностью этапов I–XI, показанных на схеме рис. 8:

I – проходка штолен по контуру бетонных опор сводов, установка металлоизоляции и арматуры, бетонирование;

II – сооружение боковых станционных тоннелей с опиранием сводов на ранее возведенные бетонные опоры. Работа велась с помощью специально изготовленных дуговых тубингоукладчиков, приспособленных к конкретным условиям монтажа сводов в стесненной зоне (рис. 9);

III – выемка ядра до лотка тоннелей, установка металлоизоляции и арматуры,

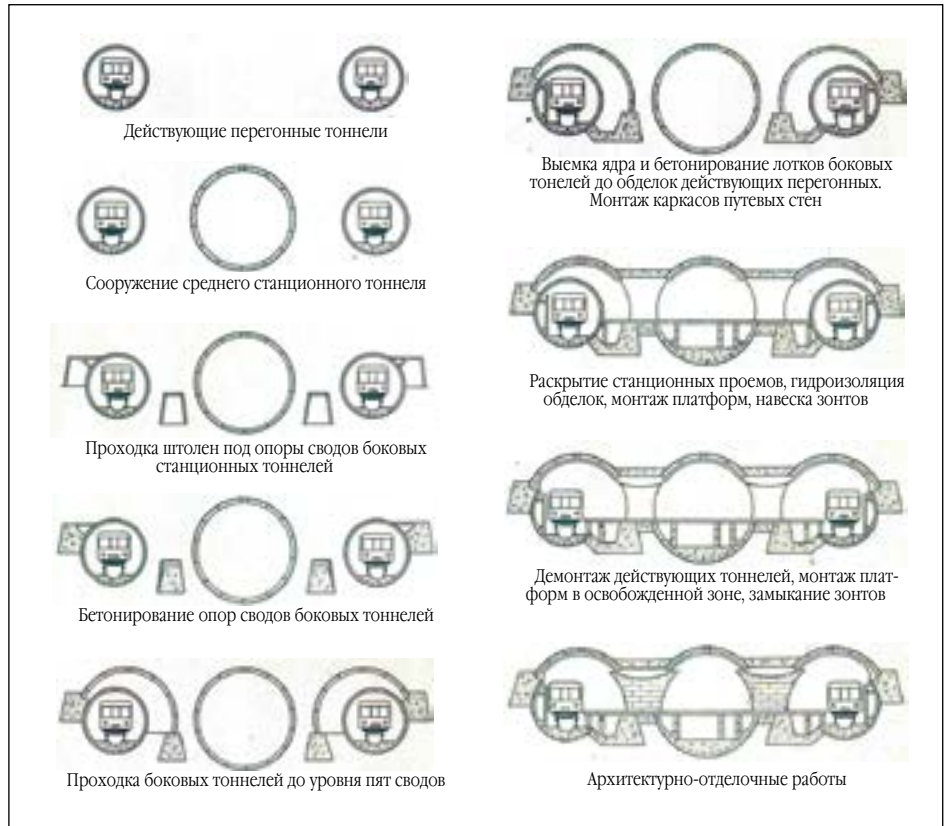


Рис. 8. Принципиальные схемы этапов строительства станции «Горьковская»

бетонирование лотков до обделок действующих перегонных тоннелей;

IV – монтаж посадочных платформ в пазах между обделками станционных и перегонных тоннелей с обустройством подплатформенных кабельно-вентиляционных коллекторов;

V – гидроизоляция (чеканка швов) сводов, подвеска зонтов в пределах сооруженных сводов, их штукатурка и покраска;

VI – монтаж металлоконструкций каркасов путевых стен станции с обустройством за ним кабельно-вентиляционных коллекторов;

VII – перекладка в коллекторы под посадочными платформами и за путевыми стенами кабелей из действующих перегонных тоннелей и подвешивание на тубингах, подлежащих разборке;

VIII – демонтаж обделок действующих перегонных тоннелей в 2,5-часовые ночные окна с помощью специально изготовленных устройств УРО-1, оснащенных гидравлическими домкратами и смонтированных на железнодорожных платформах (рис. 10 и 11);

IX – заполнение «ребенок», образовавшихся по линиям разборки обделок перегонных тоннелей сварными коробками и сопряжение этих плоскостей с металлоизоляцией опор сводов станционных тоннелей, а также чеканка швов на сопряжениях;

X – сооружение участков посадочных платформ, расположенных в зоне действующих перегонных тоннелей, освобожденных после демонтажа обделок;

XI – архитектурная отделка, сантехнические и электромонтажные устройства.

При сооружении станции «Горьковская» применены следующие методы производства:

- проходку среднего тоннеля вели горным способом с помощью тоннельного укладчика типа ТУ-4ПТ. Порода разрабатывалась буровзрывным методом. Тоннель – с замкнутым контуром обделки по всей длине. Размыкание лотковой части обделки в зоне пересадки (в средней части тоннеля) производилось отдельными участками в 12 заходов в процессе создания пересадочного узла;
- также горным способом с применением буровзрывных работ выполнена проходка блока СП-64, блока служебных помещений и венттоннеля, как продолжение среднего станционного. Тубинги обделок монтировали с помощью лебедок.

На всех участках строительства, кроме среднего тоннеля, во избежание деформации обделок или нарушения устройств метрополитена, исключалось применение взрывных работ.

На этих участках, впервые на Метрострое, крепкие скальные породы разрушались гидроклиньями через шпурсы, пробуренные с определенным шагом. Новшество оказалось весьма эффективным и значительно снизило трудоемкость.

В монолитные бетонные и железобетонные конструкции станции уложено более 13000 м³ бетона. Транспортировка его по выработкам и укладка в основном осуществлена с помощью пневмобетонукладчиков ПБУ-5, что намного облегчило дело.

Путевые стены облицованы мраморными

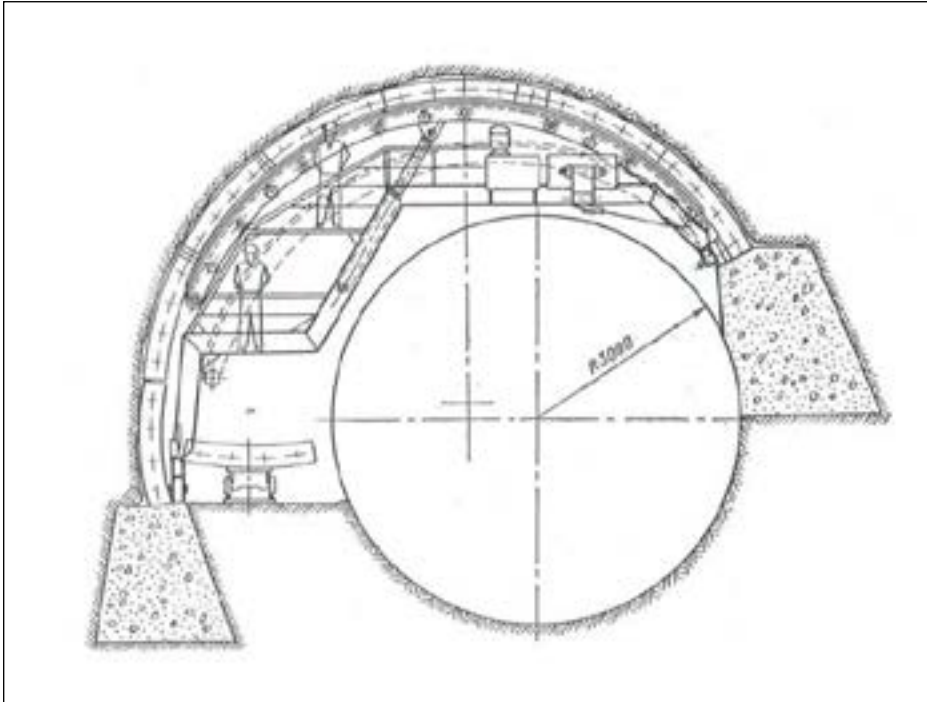


Рис. 9. Дуговой блокоукладчик

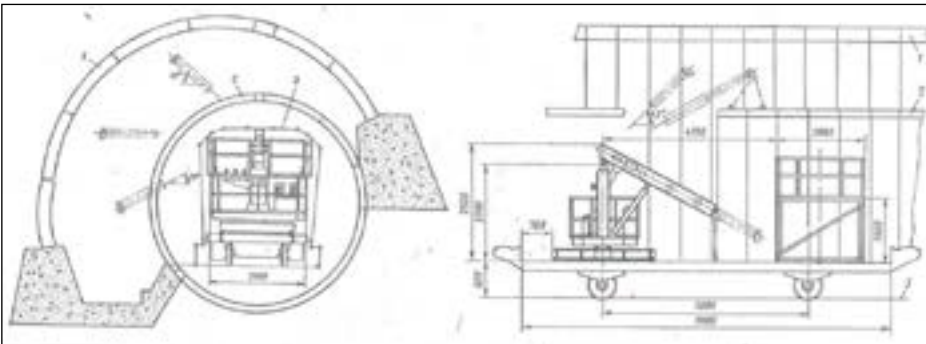


Рис. 10. Укладчик для разборки обделок УРО-1 (слева: 1 – обделка бокового станционного тоннеля строящейся станции «Горьковская»; 2 – разбираемая в ночные окна часть обделки действующего перегонного тоннеля; 3 – габарит приближения оборудования, в который вписан УРО-1; справа: 1 – обделка свода станционного тоннеля; 2 – разбираемая обделка действующего перегонного тоннеля; 3 – уровень головки рельса)



Рис. 11. Разборка части чугунной обделки перегонного тоннеля в ночные окна. Чугунная обделка сооруженного свода бокового станционного тоннеля оформлена монолитным железобетонным зонтом

плитами, которые крепились к стальному каркасу без заливки. Облицовка практически свелась к монтажу готовых изделий.

Пол станции отделали бордовым гнейсом. Это материал, отличительная особенность которого – чередующиеся слои различных минералов. Изначально в торце платформы был установлен памятник писателю Максиму Горькому. Ведь именно в честь него станция получила своё название «Горьковская», когда открылась в 1979 г. Через восемь лет на месте монумента сделали переход на «Чеховскую». А сам памятник перенесли в переход. В 1990 г. станцию переименовали в «Тверскую», в честь улицы.

Все крупногабаритное оборудование подавалось по действующей линии в ночные перерывы движения поездов. Монтаж эскалаторов большого наклонного хода проведен снизу вверх, через средний тоннель с подачей элементов через ближайший станционный проем после демонтажа обделки действующего перегонного тоннеля напротив этого проема в ночные окна. Тем же путем поставлялось оборудование для эскалаторов пересадочного узла, СТП и других сооружений.

Обоснованность и технико-экономическая целесообразность всех технических решений по определению параметров конструкций, организации механизации и методов производства разработаны и осуществлены в тесном творческом содружестве строителей, проектировщиков и Управления Московского метрополитена.

Реализация предложенных технических решений в целом значительно сократила сроки строительства (вместо пяти лет – три с половиной года) и снизила стоимость работ на 2470 тыс. руб. в ценах 1975 г.!

Станция «Горьковская» была введена в эксплуатацию в июле 1979 г.

Вызывает вопрос, почему сегодня, в XXI веке, этот опыт для строительства станции «Суворовская» не используется? Хотелось бы получить комментарии от специалистов, в том числе от заказчиков и авторов нынешнего технического решения по данному объекту.

Список литературы

1. В. А. Алихашкин. Передовые рубежи научно-технического прогресса. «Метрострой». Информационный научно-технический сборник. 1983, № 2, с. 12–13.
2. Э. Б. Хаблиев, А. М. Горьков. Линии метрополитена 2-й очереди в Москве. «Метрострой» Научно-технический и производственно-экономический журнал, 1936, № 3, с. 17–22.
3. Б. Альперович, Н. Зайдуллин. «Горьковская»: впервые в практике. «Метрострой». Информационный научно-технический сборник. 1979, № 4, с. 2–9.

Для связи с авторами

Дорман Игорь Яковлевич
igor.dorman@mail.ru
Мазин Сергей Валерьевич
maz-bubn@mail.ru





26 марта 2024 г. нашему другу и соратнику Михаилу Юрьевичу Беленькому исполнилось 70 лет!

Трудовой путь Михаила Юрьевича является ярким примером становления молодого и целеустремленного человека в крупного, талантливого инженера и опытного организатора строительного производства.

Свою трудовую деятельность, после окончания в 1976 г. Московского института инженеров железнодорожного транспорта, Михаил Юрьевич начал с должности сменного инженера СМУ № 3 Мосметростроя и в настоящее время, являясь заместителем генерального директора АО «Московский метрострой», возглавляет службы маркетинга и внешнеэкономической деятельности этой крупнейшей в городе Москве подрядной организации, специализирующейся на сооружении тоннелей и метрополитенов, на производстве работ, связанных с освоением подземного пространства.

Работа в героическом орденоносном коллективе, выполняющем сложнейшие подземные работы в столице нашей страны и многих других городах, воспитала в молодом инженере огромное чувство ответственности за результаты своего труда, позволила приобрести уникальный опыт производства

подземных работ, и, конечно же, понимание того, что успех в горном деле неразрывно связан с обеспечением безопасности работ и достойных условий труда. Не случайно, поэтому, Михаил Юрьевич в своей профессиональной деятельности большое внимание уделяет вопросам технического перевооружения подземного строительства, развитию научных исследований в этой области, изучению передового зарубежного опыта строительства, внедрению в производство современных прогрессивных технологий, материалов и оборудования.

Так, в середине 80-х годов прошлого столетия он активно участвовал во внедрении технологии анкерного крепления котлованов, сооружаемых открытым способом, а в последующие годы – в организации применения различных видов механизированных щитов при проходке автодорожных, железнодорожных и городских тоннелей в сложных гидрогеологических условиях, тоннелей метрополитенов в условиях плотной городской застройки.

Богатый инженерный опыт и опыт управления строительной деятельностью Михаила Юрьевича ярко проявился в годы работы руководителем управления маркетинга в АО Корпорация «Трансстрой». Благодаря его высокому профессионализму, компания получила целый ряд крупных строительных подрядов на территории России. Одним из самых масштабных проектов стало строительство Лефортовского автодорожного тоннеля в Москве. Компания выиграла также ряд крупных международных тендеров в Латвии, Сирии, Турции, Индии и Казахстане.

Ярким и запоминающимся этапом профессиональной деятельности Михаила Юрьевича стало участие в строительстве Олимпийского объекта «Совмещенная автомобильная и железная дорога Адлер – Альпика-Сервис» в г. Сочи, по трассе которого было сооружено 34,5 км тоннелей различного назначения. Здесь, по поручению заказчика, Михаил Юрьевич возглавлял работу с экспертами Международного олимпийского комитета по контролю за сроками и качеством строительства. Реализация этого проекта позволила достойно провести зимнюю Олимпиаду 2014 г. и открыла возможности для дальнейшего активного использования горных регионов г. Сочи в качестве горнолыжного курорта, отвечающего самым высоким международным требованиям.

Глубокие инженерные знания и большой профессиональный опыт в строительной области Михаила Юрьевича, его доброжелательность и острый ум заслуженно пользуются авторитетом среди отечественных и зарубежных специалистов подземного строительства. Он неоднократно в качестве эксперта привлекался к работе смешанных межправительственных комиссий в области строительства объектов транспортной инфраструктуры, включён в состав Комитета по промышленному развитию и высоким технологиям Торгово-промышленной палаты Российской Федерации, является заместителем председателя правления Тоннельной ассоциации России, в которой отвечает за развитие международного сотрудничества. В течение многих лет Михаил Юрьевич достойно представляет интересы тоннелестроителей России в Международной ассоциации тоннелестроения и освоения подземного пространства.

Приятно отметить, что неизменно требовательный к себе и подчиненным, Михаил Юрьевич щедро делится богатым профессиональным опытом и знаниями со своими коллегами по работе, помогает молодым руководителям и специалистам в совершенстве овладеть всеми секретами профессии инженера-строителя подземных сооружений, активно сотрудничает с редакцией журнала «Метро и тоннели».

Дорогой Михаил Юрьевич,

Тоннельная ассоциация России благодарит Вас за то внимание, которое Вы уделяете нашей совместной работе и успешному достижению всех поставленных перед нами целей и задач! Сердечно поздравляем с юбилейной датой в Вашей жизни и желаем крепкого здоровья и, конечно же, больших успехов в нашем общем деле, направленном на повышение эффективности и безопасности труда строителей подземных сооружений!

Председатель правления
Тоннельной ассоциации России

К. Н. Матвеев

Руководитель Исполнительной дирекции
Тоннельной ассоциации России

А. Б. Лебедьков

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

PROBLEMATIC ISSUES OF DESIGN OF FIRE PROTECTION OF RAILWAY TUNNELS

А. А. Викторов, В. А. Поляков, НПБ – Фонд пожарной безопасности
A. A. Viktorov, V. A. Polyakov, NPB – Fire Safety Fund

Обсуждается вопрос об актуальности разработки правил противопожарной защиты железнодорожных тоннелей длиной более 500 м в связи с отсутствием нормативных требований пожарной безопасности для подземных сооружений транспортной инфраструктуры (железнодорожных тоннелей), выполнение которых обеспечивает соблюдение Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Одновременно рассматривается вопрос о внедрении мобильных роботизированных установок пожаротушения (МРУП), отвечающих требованиям ст. 116 ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и имеющих в своем составе малогабаритные мобильные роботы, адаптированные к работе в железнодорожном тоннеле, где проезд для них ограничивается шириной 900 мм.

The issue of the relevance of the development of fire protection rules for railway tunnels with a length of more than 500 m is discussed due to the lack of regulatory requirements for fire safety for underground structures of transport infrastructure (railway tunnels), the implementation of which ensures compliance with the Federal Law of 22.07.2008 No. 123-FZ «Technical Regulations on Fire Safety Requirements». At the same time, the issue of introducing mobile robotic fire extinguishing installations (MRUP) that meet the requirements of Article 116 of FZ-123 «Technical Regulations on Fire Safety Requirements» and which includes small-sized fire extinguishing systems is being considered. of structures by a closed method of work.

В соответствии со ст. 2 Федерального закона «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» № 17-ФЗ [1] и п. 7 статьи 48.1 Градостроительного кодекса РФ, железнодорожные тоннели длиной более 500 м относятся к особо опасным, технически сложным объектам.

Реализация правительственных мер по увеличению пропускной способности Восточного полигона РЖД тесно увязывается с обеспечением пожарной безопасности железнодорожных тоннелей, нередко являющимися «узкими горлышками» на пути доставки грузов. Одним из самых опасных пожаров в железнодорожных тоннелях считается пожар горючих жидкостей и сжиженных газов, утечка которых происходит из-за повреждения цистерн, в которых они транспортируются. Это продемонстрировало происшествие в составе поезда с нефтепродуктами, случившееся 29 ноября 2023 г. в Северомуйском тоннеле, протяженность которого составляет 15343 м. С учетом того, что в составе поезда находились 44 цистерны с нефтепродуктами, локальный пожар с частичным обрушением обделки свода тоннеля мог перерасти в катастрофу, способную надолго прекратить функционирование этого стратегического транспортного объекта.

В настоящее время отсутствуют нормативные требования пожарной безопасности для подземных сооружений транспортной инфраструктуры (железнодорожных

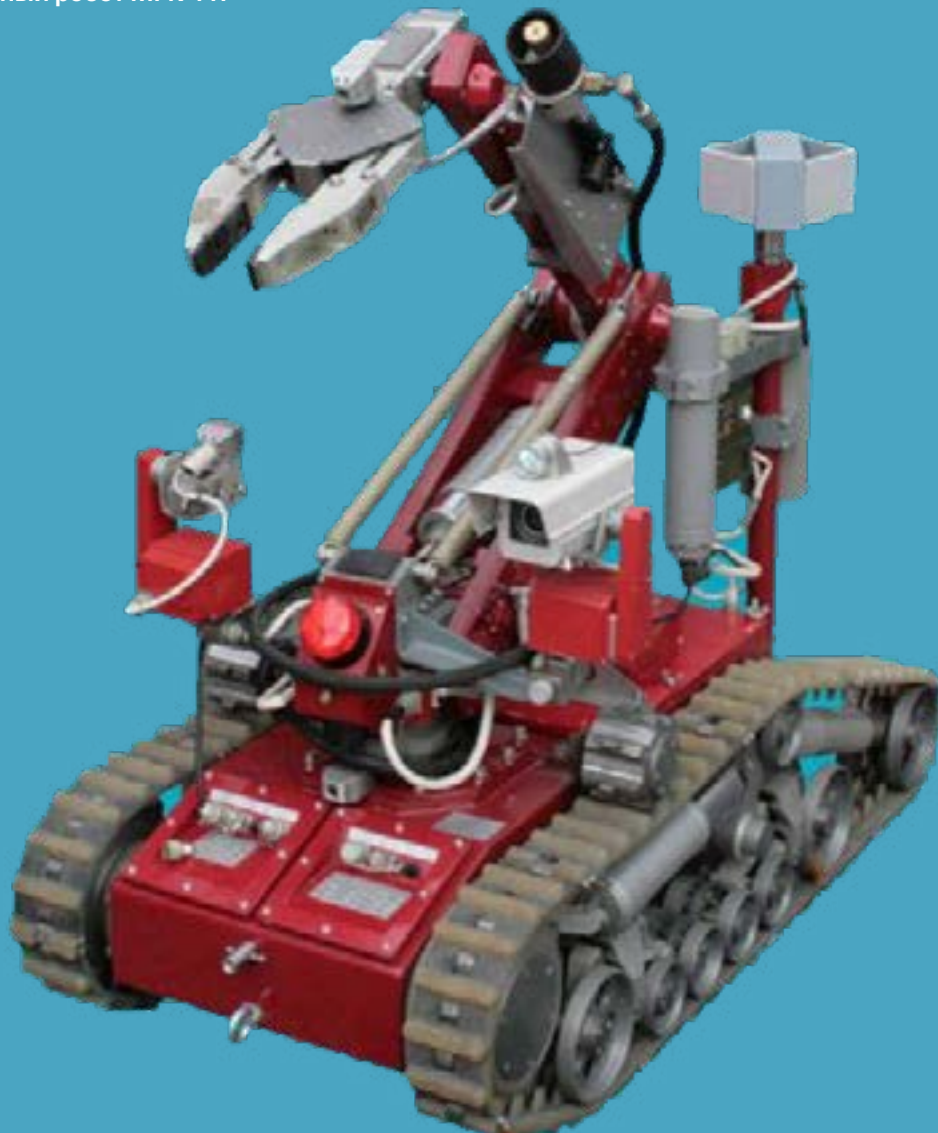
тоннелей), выполнение которых обеспечивает соблюдение Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2]. По этой причине, требуется разработка специальных технических условий (далее – СТУ) на противопожарную защиту их подземной части, включая дренажно-транспортные штольни и вентиляционные шахтные стволы [3]. Разработчикам СТУ и проектировщикам приходится пользоваться «Рекомендациями по тушению пожаров в железнодорожных тоннелях», разработанными и согласованными Государственной противопожарной службой МВД РФ [4]. В этих рекомендациях, при вынужденной остановке грузового поезда в тоннеле по причине пожара, указаны действия локомотивной бригады, но отсутствуют рекомендации к средствам доставки подразделения пожарной охраны к зоне пожара в тоннеле. При проектировании противопожарной защиты специалистам приходится использовать положения раздела 5.12 СП 122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные» [5]. Еще не разработаны и особые тактико-технические требования к тушению сжиженных углеводородных газов путем покрытия их свободной поверхности воздушно-механическими пенами с условием опережения скорости роста пенного слоя скорости восхождения потока паров горючего к факелу пламени пожара.

Озабоченность у проектировщиков вы-

зывает и вопрос обеспечения 90-минутной огнестойкости чугунных тубингов, применяемых на участках тоннелей со сложными гидрогеологическими условиями, а также в вентиляционных шахтных стволах. Без нанесения огнезащитного покрытия сборной отделки тоннеля тубингами из серого чугуна, предел её огнестойкости по несущей способности достигается уже после 45 минут. Применение в качестве огнезащиты базальтоволокнистых минераловатных плит отличается сложностью их крепления к поверхности конструкции и уменьшением свободного сечения тоннеля. В случае применения тонкослойного вспучивающегося огнезащитного покрытия, требуется предварительное нанесение на тубинг слоя грунтовки, обязательно совместимой не только с защищаемой поверхностью, но и с самим огнезащитным материалом [6]. Что касается расчета предела огнестойкости по потере несущей способности железобетонной обделки тоннеля, то его следует выполнять в строгом соответствии со СП 468.1325800.2019 «Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности» [7].

Чем длиннее тоннель, тем сложнее обеспечить его пожарную безопасность с минимизацией неизбежных потерь. Особенностью пожаров в тоннелях является ограниченность пространства, его повышенное задымление и высокая температура, а значит повышенный риск проведения пожарно-спа-

Отечественный пожарный робот МРК-РП



сательных операций. При этом на первом месте сложности стоит создание не только эффективной системы дымоудаления, но и разработка мер по быстрой доставке пожарных подразделений к зоне пожара в тоннеле, а также применение наиболее рационального способа его ликвидации [8]. Если раньше основной причиной пожара на цистерне с нефтепродуктами мог быть перегрев бук узлов её колесных пар, то сегодня нельзя недооценивать и вероятность диверсий.

Особой проблемой является ликвидация пожара в средней части состава, находящегося в однопутном железнодорожном тоннеле. При этом имеются ввиду действия, не предполагающие расцепку с выводом из тоннеля части состава. Непосредственный доступ пожарных подразделений к горящей цистерне или вагону железнодорожного состава, которые значительно удалены от порталов тоннеля, представляет собой повышенную опасность для жизни людей. Она значительно возрастает в случае отсутствия сервисной штольни, расположенной параллельно тоннелю. При пожаре подвижного состава с горючими жидкостями может

происходить их растекание вниз по уклону тоннеля на расстояние до 80 и более метров. Протяженность загазованности при разгерметизации одной цистерны с сжиженными газами может достигать 250 м.

При струйном истечении сжиженного газа через образовавшееся отверстие диаметром 5–6 мм, может возникнуть факел пламени диаметром 20–39 см и длиной 1–2 м. При этом тепловая мощность горения не будет превышать 150–200 кВт и его можно подавить обычным углекислотным, порошковым или пенным огнетушителем. В случае сценария более мощного пожара сжиженного газа (кроме варианта взрыва газозооной смеси в момент истечения флюида), наиболее эффективным способом является применение комбинированных пенной и средней кратности из раствора синтетического пенообразователя, подаваемых из пеногенераторов с большим секундным расходом раствора и с максимально большим радиусом подачи пенных струй в зону горения [9].

В случае возгорания вагона или цистерны в составе, вынужденно остановившегося

в тоннеле, обстоятельства устанавливают жесткие рамки времени прибытия пожарных. Следует отметить, что для сокращения времени прибытия первого подразделения к месту пожара, уже на стадии проектирования протяженного тоннеля, находящегося в удаленном и труднодоступном месте, желательно предусматривать размещение пожарных депо у его порталов. В противном случае длительный пожар неизбежно приведет к обрушению обделки тоннеля с повреждением его инженерных коммуникаций, а значит, длительному прекращению движения поездов.

Оценивая ситуацию, можно утверждать, что наиболее быстрым способом доставки боевого расчета к месту пожара в однопутном тоннеле является использование сервисной штольни. Однако в настоящее время скорость мотовозов, передвигающихся по её узкой колее шириной 900 мм, не может обеспечить оперативное прибытие пожарных к ближайшей от зоны пожара сбойке между тоннелем и штольней. В этой связи, на наш взгляд, поверхность проезжей части в сервисной штольне следует проекти-

ровать в одном уровне с головками рельсов узкоколейного рельсового транспорта. Это позволит использовать специализированную автомобильную технику, более оперативно доставляющую людей и технику к месту пожара в тоннеле, а также эвакуацию пассажиров поезда, если по тоннелю предусмотрено прохождение такового. При этом около каждого из выходов эвакуационных сбоек в штольне следует предусмотреть устройство камер с размерами, позволяющими разворот и разезд вышеуказанных специализированных автомобилей. Проектируемая система вентиляции должна учитывать поршневой эффект, возникающий при движении таких автомобилей со скоростью не менее 60 км/ч.

На сегодняшний день, размещение в сбоях пенных модулей, перемещаемых к месту пожара вручную, представляется одним из наиболее приемлемых дополнительных средств пожаротушения нефтепродуктов и сжиженных газов. Однако при их использовании пожарные вынуждены находиться на опасном расстоянии 10–15 м от очага пожара. Максимально минимизировать опасность для их жизни может применение роботизированной техники. Её использование может также служить в качестве дополнительного элемента к стационарным системам противопожарной защиты тоннелей. Имеется в виду мобильная роботизированная установка пожаротушения (МРУП) [10], отвечающая требованиям ст. 116 ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Её использование необходимо учитывать при разработке документов предварительного планирования действий по тушению пожара в железнодорожном тоннеле, хотя они и требуются при наличии отступлений от требований действующих нормативных документов.

МРУП включает в себя: мобильный пожарный робот; катушку с напорным рукавом; гидроблок, состоящий из компрессора с пеномешемельной камерой, а также емкость с пенообразователем. Запитывание водой предусматривается от внутреннего противопожарного водопровода тоннеля. Пожарный робот с лафетным стволом в составе МРУП управляется дистанционно и должен быть адаптирован по своим габаритам к условиям железнодорожного тоннеля, где нормативная ширина эвакуационного прохода должна составлять не менее 900 мм. Вес напорного пожарного рукава, наполненного не водой, а компрессионной пеной, намного легче, и это обстоятельство оптимизирует мощность электродвигателя робота, работающего от сухих батарей и перемещающего его по эвакуационному проходу тоннеля к месту пожара.

Применение МРУП для тушения пожара в железнодорожном тоннеле позволяет:

- значительно снизить риск для пожарных расчетов, задействованных в борьбе с пожаром;
- повысить точность подачи огнетушащего состава в очаг пожара;
- подавить очаг пожара до наступления его

развитой стадии, ведущей к потере несущей способности и обрушению свода тоннеля;

- значительно сократить расход воды на тушение;
- снизить негативные последствия от пожара.

С учетом длины железнодорожного состава, остановившегося в однопутном тоннеле без параллельной ему штольни, пожар в его средней части оказывается практически недоступным для пожарного робота в составе МРУП. При прохождении по такому тоннелю пакета из трех поездов, средний из них целиком оказывается недоступным для пожаротушения с использованием робота. Более широкие возможности раскрываются при использовании МРУП в двухпутном тоннеле. В случае свободного от составов второго пути, МРУП может доставляться по нему к зоне пожара в любой точке тоннеля. Самая скорая доставка МРУП к зоне пожара в однопутном тоннеле, может осуществляться только по сервисной штольне.

В соответствии с Приложением А СП 155.13130-2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» [11], расчетное время тушения пожара для мобильной пожарной техники составляет 15 минут. МРУП должна обеспечить пенную атаку на очаг пожара в течение этого норматива.

Техническое задание на разработку отечественного пожарного робота, приспособленного для работы в железнодорожном тоннеле, должно соответствовать требованиям [12], содержать методику расчёта температурных полей в области теплового воздействия от горящей цистерны с нефтью или сжиженными газами. Это определит температурные параметры обеспечения работоспособности конструктивных элементов пожарного робота, находящегося на расстоянии 10 м от факела. Для расчета температур в нижней зоне тоннеля с высотой до 1,8 м от поверхности эвакуационного прохода, следует использовать полевую модель, приведенную в Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденной Приказом МЧС РФ № 1140 от 14 ноября 2022 г. Помощь в таких расчетах, а также разработке и согласовании СТУ, мы готовы оказать заинтересованной проектной организации.

Для наиболее эффективного применения мобильных пожарных роботов в составе МРУП, расстояние между сбоями не должно превышать 250 м, а в них самих следует предусмотреть пандусы и подпор воздуха с давлением не менее 20 Па. Более подробное описание доставки и инструкция пошаговых действий при эксплуатации роботов изложены в разработанной нами «Концепции использования в железнодорожных тоннелях мобильной роботизированной установки пожаротушения (МРУП)». На наш взгляд, использование МРУП в железнодорожном тоннеле будет максимально способ-

ствовать обеспечению безопасности людей, задействованных при ликвидации пожара.

Мы считаем, что существующее положение требует ускорение разработки целевых противопожарных норм для железнодорожных тоннелей, имеющих протяженность более 500 м и выполнение которых в полном объеме обеспечивает соблюдение Федерального закона от 22.07.2008 г.

№ 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Список литературы

1. Федеральный закон «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» № 17-ФЗ.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. СТУ на проектирование и строительство в части обеспечения пожарной безопасности Объекта защиты: Комплекс взаимосвязанных подземных сооружений Северомуйского железнодорожного тоннеля с дренажно-транспортной штольней и пристроенные к ним надземные здания, расположенный по адресу: Российская Федерация, Республика Бурятия, Восточно-Сибирская железная дорога (на перегоне развезд Итыкит – станция Окусикан). Положительное Заключение Нормативно-технического совета ДНПР МЧС России от 31.08.2022 г. № 12.
4. Рекомендации по тушению пожаров в железнодорожных тоннелях. Издательство ВНИИПО МВД России. 1997 г.
5. СП 122.133330.2012 «Тоннели железнодорожные и автоторжжные».
6. А. Д. Голиков и Е. Ю. Черкасов «Способ огнестойкости обделки транспортных тоннелей из чугунных тубингов». УДК 614.849.
7. СП 468.1325800.2019 «Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности».
8. И. М. Абдургимов и Г. Н. Куприн. «Нерешенные проблемы пожаровзрывобезопасности энергоресурсов (СПГ и СУГ), как оборотная сторона успехов энергетической стратегии РФ». УДК 614.844.620.91
9. Руководство по определению зон воздействия опасных факторов аварий с сжиженными газами, горючими жидкостями и аварийно химически опасными веществами на объектах железнодорожного транспорта. Утверждено МЧС РФ от 24.10.1997г. Введено в действие Указанием МЧС РФ от 24.11.1997 г. № Г-1362у.
10. СТО 1682.0017-2020 (ВНПБ 39-20) «Роботизированная установка пожаротушения. Нормы и правила проектирования».
11. СП 155.13130-2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности».
12. ГОСТ Р 54344-2011 «Техника пожарная. Установки пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний».

Для связи с авторами

Поляков Владимир Алексеевич
v.a.polyakov@mail.ru



КОЛЛЕКТИВУ УП «МИНСКМЕТРОСТРОЙ»



Уважаемые коллеги, примите самые искренние поздравления от метро- и тоннелестроителей России в день 45-летия вашей организации!

Прошедшие годы убедительно доказали, что минским метростроителям посильно решение самых сложных задач развития транспортной инфраструктуры Республики Беларусь, вашими руками с применением самых современных технологий подземного

строительства в сложных грунтовых и гидрогеологических условиях построен и продолжает развиваться удивительный по своим техническим и архитектурно-планировочным решениям Минский метрополитен. Уверены, что этот вид городского пассажирского транспорта, по мере своего развития, будет играть всё более заметную роль в жизни города и надеемся, что плодотворное производственное, техническое, научное и культурное сотрудничество между метростроителями России и Республики Беларусь будет в заметной степени способствовать этому.

Желаем вам, уважаемые коллеги, здоровья и дальнейших успехов в развитии Минского метрополитена.

Председатель правления
Тоннельной ассоциации России

К. Н. Матвеев

Руководитель Исполнительной дирекции
Тоннельной ассоциации России

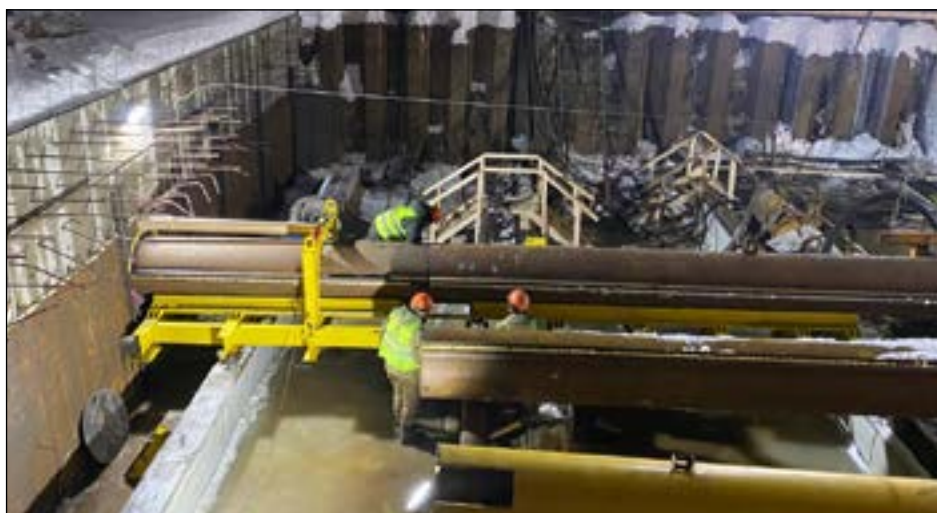
А. Б. Лебедев

СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА В БЫКОВО

В № 3 журнала «Метро и тоннели» за 2023 г. была опубликована статья «Организация строительства подземного пешеходного перехода через железную дорогу в районе платформы Быково», в которой специалистами Тоннельной ассоциации России в рамках научного сопровождения проектирования и строительства пешеходного перехода через пути железной дороги без перерыва движения поездов по магистрали Москва – Казань в районе платформы Быково в Московской области, был проанализирован проект строительства пешеходного тоннеля горным способом.

Было предложено, совместно с проектной организацией «Инженерный центр «Мосты и тоннели», заменить, на основании анализа опыта строительства подобных объектов, способ строительства пешеходного тоннеля горным способом на метод задавливания в насыпь под защитой экрана из труб, изготавливаемых на стапеле готовых сборных секций пешеходного перехода.

В настоящее время начато строительство защитного экрана, и по состоянию на 1 апреля 2024 г. осуществлена разработка грунта в стартовом и приемном котлованах до проектной отметки, смонтировано оборудование для бурения защитного экрана над пешеходным переходом и микротоннелепроходческим комплексом AVN600 XC «Herrenknecht» выполнено бурение первых четырех труб диаметром 720×10 мм и длиной 31 м.



ВЗАИМОСВЯЗЬ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА В ТОННЕЛЯХ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ С ПАРАМЕТРАМИ СЕЙСМОСОБЫТИЙ В РЕГИОНЕ

CORRELATION OF VOLUMETRIC ACTIVITY OF RADON IN THE TUNNELS OF THE BAIKAL RIFT ZONE WITH THE PARAMETERS OF SEISMIC EVENTS IN THE REGION

К. В. Романевич, С. Н. Мулев, Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – межотраслевой научный центр «ВНИМИ»

Т. А. Киряева, Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН

Е. В. Дорот, А. В. Глазнева, П. М. Пономаренко, ООО «РСРС ГмБХ Рэйлвэй Инфраструкчер Проджектс»

K. V. Romanevich, S. N. Mulev, Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying Interdisciplinary Scientific Center «VNIMI»

T. A. Kiryaeva, Chinakal Institute of Mining SB RAS

E. V. Dorot, A. V. Glazneva, P. M. Ponomarenko, RSRS GmbH Railway Infrastructure Projects

В ходе многочисленных исследований транспортных тоннелей на территории Байкальской рифтовой зоны, в части из них было выявлено аномально высокое содержание радиоактивных газов, в частности радона. На основе данных, полученных в ходе мониторинга радона по системе точек регистрации в одном из железнодорожных тоннелей в пределах Байкальской рифтовой зоны, а также данных сейсмомониторинга в этом тоннеле и данных о землетрясениях в радиусе до 300 км от тоннеля, выявлены некоторые взаимосвязи параметров сейсмособытий с колебаниями объемной активности радона. Разработан алгоритм прогноза параметров сейсмособытий по данным мониторинга радона на основе моделей линейной регрессии и машинного обучения. В работе использован ограниченный массив данных (информация по комплексному мониторингу в тоннеле с апреля 2022 г. по март 2023 г.).

Numerous of studies on transport tunnels in the Baikal Rift Zone revealed an abnormally high content of radon in some of them. Some relationships between the parameters of seismic events and radon were identified based on data obtained during radon monitoring in one of the railway tunnels, as well as seismic monitoring data in this tunnel and data on earthquakes within a radius of up to 300 km from the tunnel. An algorithm has been developed for predicting the parameters of seismic events based on radon monitoring data used linear regression and machine learning models. This study used a limited amount of data (information on comprehensive monitoring in the tunnel from April 2022 to March 2023).

Трасса железнодорожной Байкало-Амурской магистрали (БАМ) строилась с перерывами с 1938 г. (активно с 1974 по 1984 г.). Окончательно трасса БАМа была открыта для эксплуатации в 2003 г., с завершением строительства наиболее сложных участков – тоннелей, самый крупный из которых длиной более 15 км и глубиной до 1 км строился более 26 лет. Такие сроки строительства были связаны с чрезвычайно сложными геологическими условиями, среди которых сильная тектоническая нарушенность вмещающих массивов и высокая сейсмическая активность региона (рис. 1).

При строительстве и на этапе эксплуатации многочисленные исследования транспортных и вспомогательных подземных сооружений на территории Байкальской рифтовой зоны выявили в них аномально высокое содержание радиоактивных газов, в частности радона [1, 2]. Так, эффективная эквивалентная равновесная активность радона и дочерних продуктов его распада в пределах аномальных зон (крупнейшая протяжённостью до 4 км) превышает нормативные пороговые значения [3]. Также

выявлены сезонные колебания концентрации радона и вариации размеров областей аномально высоких концентраций радона в тоннельных сооружениях [2, 3].

Предполагается, что колебания концентрации радона в выработках тоннельных комплексов Байкальской рифтовой зоны могут быть количественно взаимосвязаны с параметрами сейсмособытий во вмещающих массивах и в регионе в целом, а также являться предвестниками землетрясений и других опасных геодинамических явлений в «ближней» зоне подземных транспортных сооружений. В данной работе в качестве параметров сейсмособытий, зарегистрированных по системе сейсмомониторинга в тоннеле, рассматриваются:

- суммарное значение логарифма энергии сейсмособытий – sum_LogE_gits ;
- среднее значение логарифма энергии сейсмособытий – mean_LogE_gits ;
- медианное значение логарифма энергии сейсмособытий – median_LogE_gits ;
- количество сейсмособытий за соответствующий период – count_gits .

В качестве параметров землетрясений

в регионе (в радиусе до 300 км от тоннеля), по данным Байкальского филиала Единой геофизической службы Российской академии наук (БФ ФИЦ ЕГС РАН), рассматриваются:

- суммарное значение энергетических классов K землетрясений – sum_eq ;
- среднее значение энергетических классов K землетрясений – mean_eq ;
- медианное значение энергетических классов K землетрясений – median_eq ;
- количество землетрясений за соответствующий период – count_eq .

Взаимосвязи колебаний объемной активности радона с параметрами сейсмособытий

Возможность использования радона в качестве краткосрочного предвестника землетрясений известна давно [4, 5] и сейчас представляет собой активно исследуемую область [6–9]. Также известны модели, связывающие деформации (сжатия или растяжения) трещиновато-пористой среды с выходом из массива радона, подтверждающиеся примерами для условий подготовки горных ударов в глубоких шахтах и тектонических землетрясений различного генезиса.

Известно, что в период 1961–1965 гг. содержание радона в минеральных водах Ташкентского бассейна повысилось в 3 раза. Повышенная концентрация сохранялась примерно 6 месяцев – вплоть до момента главного толчка Ташкентских землетрясений в апреле 1966 г. После толчка содержание радона резко уменьшилось [6].

Вдоль системы разломов Калифорнии (Сан-Андреас, Калаверас, Хайвард) практически по всем точкам измерения наблюдалось снижение объемной активности (ОА) радона. Эти изменения искажались короткими выбросами радона, которые связаны, как правило, с форшоками. Заметное уменьшение ОА радона начиналось приблизительно за 90–100 дней до основного события. В точках наблюдения, расположенных на значительном удалении от эпицентра, происходило увеличение ОА радона приблизительно за то же время (90–100 дней) [5].

В условиях Северного Тянь-Шаня начало значимого изменения концентрации радона перед сейсмическим событием фиксировалось за 90–100 дней до него, на шахтах СУБР (глубина до 1500 м) заметное снижение ОА радона начиналось приблизительно за 23 ч до основного события [8].

На основе анализа имеющихся данных в [8] было зафиксировано явление пространственной зональности выделения радона в зависимости от расстояния до будущего эпицентра сейсмического события. Предполагается, что существуют различия в изменениях концентрации радона в зависимости от расстояния от точки наблюдения до будущего эпицентра сейсмического события. Вблизи эпицентра предстоящего события наблюдается резкое снижение выделения радона из горных пород. Этот эффект начинает проявляться за 15–20 часов до события и охватывает зону до 100 м от будущего эпицентра. Эту область условно можно назвать зоной сжатия или «ближней» зоной. На расстоянии более 500 м от эпицентра наблюдается иная динамика – перед сейсмическим событием в наблюдательной скважине не наблюдается снижения, а наоборот, происходит резкое увеличение содержания радона (в 8–10 раз), достигая максимума перед самим сейсмическим событием. Эта область получила название зоны растяжения или «дальней» зоны. Промежуточная зона (приблизительно 100–500 м) практически не подвержена изменениям в концентрации радона в наблюдательных скважинах.

Анализ данных непрерывного мониторинга ОА радона в Байкальском регионе показал, что большинство землетрясений, происходящих в пределах Байкальской рифтовой зоны, вызывают заметные колебания эманионного поля радона [9].

Мониторинг радона в тоннелях Байкальской рифтовой зоны

Для тоннельных сооружений Байкальской рифтовой зоны установлена связь между повышением уровня растворенного радона в подземных водах, поступающих в выра-

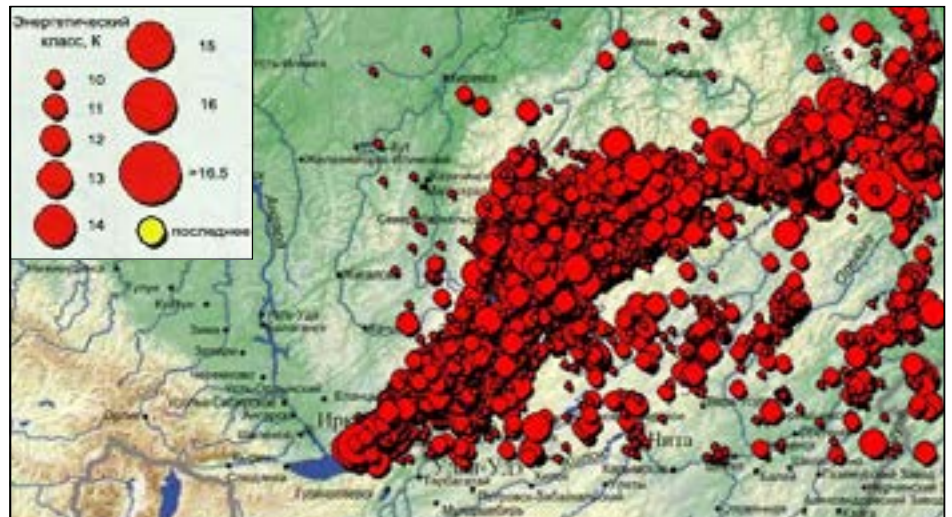


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Байкальской рифтовой зоны с января 1960 г. по май 2023 г. по данным Байкальского филиала Единой геофизической службы Российской академии наук (БФ ФИЦ ЕГС РАН)

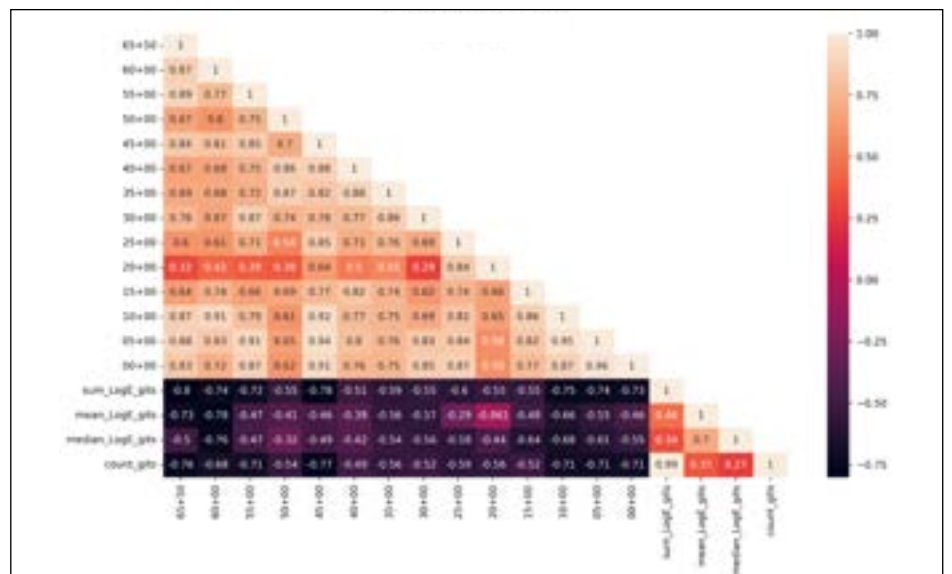


Рис. 2. Матрица корреляций между точками регистрации радона и параметрами сейсмических событий по системе «ГИТС» для западной части транспортного тоннеля

ботки тоннеля из разгрузочных скважин и трещин в тоннельной обделке, и сейсмической активностью в Прибайкалье – зафиксировано превышение уровня радона в 4–6 раз в течение недели перед сейсмическим событием [10]. С помощью созданного в [11] средства ГИС, при сопоставлении данных по радону с данными по землетрясениям, произошедшим в этом районе, было установлено, что на изменениях концентрации радона в тоннеле сказываются изменения напряженного состояния горного массива [11].

В настоящее время в связи с реконструкцией ряда тоннелей Байкальской рифтовой зоны в основных транспортных и дополнительных (дренажных, эвакуационных и др.) сооружениях ведется мониторинг радона в режиме регистрации объемной активности радона (ОА) и оценки среднемесячной эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона по густой сети контрольных точек. Это позволяет оперативно контролировать (минимизировать) зоны

аномальных концентраций радона.

Вместе с тем на одном из тоннелей Байкальской рифтовой зоны установлена и функционирует в режиме опытно-промышленной эксплуатации система сейсмического мониторинга «ГИТС» (производство АО «ВНИМИ»). Система сейсмических наблюдений предназначена для регистрации упругих волн, излучаемых из очагов землетрясений, мест нарушения сплошности массива горных пород.

Эксплуатация системы «ГИТС» в условиях тоннелей Байкальской рифтовой зоны позволяет регистрировать сейсмические волны от землетрясений, очаги которых расположены на расстоянии до 300 км (и более, при высоком энергетическом классе землетрясения). Для каждого сейсмического события рассчитываются координаты его гипоцентра и энергия, в ходе непрерывного круглосуточного мониторинга актуализируются карты сейсмической активности и различные статистики. Помимо землетрясений тектонической природы, система

регистрирует колебания в массиве во время прохождения железнодорожных составов, дизельной вагонетки по транспортной штольне, распространение волны воздушно-го давления и другие помехи, классифицирует и фильтрует их.

В ходе комплексного анализа и интерпретации данных мониторинга радона, данных о сейсмособытиях по системе сейсмомониторинга «ГИТС» в тоннельном комплексе и по данным БФ ФИЦ ЕГС РАН о землетрясениях в регионе (радиус до 300 км от тоннеля) были выявлены некоторые закономерности.

Взаимосвязи ОА радона с параметрами сейсмособытий по системе «ГИТС»

На основе данных мониторинга радона в основных и вспомогательных выработках тоннельного комплекса были получены коэффициенты корреляции между всеми контрольными точками регистрации ОА радона. На рис. 2 приведена матрица корреляций на контрольных точках регистрации радона для западной части тоннеля за один год (с апреля 2022 г. по март 2023 г.), также показаны коэффициенты корреляции между контрольными точками регистрации радона и параметрами сейсмособытий, зарегистрированными по системе «ГИТС».

Отмечаются высокие положительные значения коэффициентов корреляции между контрольными точками регистрации радона (до 0,7–0,95), особенно между ближайшими контрольными точками, что может указывать на общие факторы, влияющие на их радионую активность. Между более удаленными контрольными точками регистрации радона, с некоторыми исключениями, коэффициенты корреляции остаются положительными и достаточно высокими (от 0,5 до 0,7). Это также указывает на наличие связи между уровнями ОА радона в этих точках. Исключения могут свидетельствовать о наличии дополнительных факторов, влияющих на взаимосвязь между ОА радона в разных частях сооружения и о неоднородностях вмещающего массива.

Для параметров сейсмособытий, зарегистрированных по системе «ГИТС», отмечаются высокие отрицательные значения коэффициентов корреляции ($-0,6 \div -0,8$) с контрольными точками регистрации радона. Это свидетельствует о наличии обратной зависимости между параметрами сейсмособытий и уровнем радона. Такие значения коэффициентов корреляции могут указывать на то, что увеличение значений параметров сейсмособытий сопровождается уменьшением уровня радона и наоборот. Также наблюдаемая тенденция может указывать на сложные процессы в геологической среде, влияющие на оба эти параметра.

Корреляции с параметрами землетрясений в радиусе до 300 км от тоннеля

Были рассчитаны коэффициенты корреляции между контрольными точками регистрации радона и параметрами землетрясений, зарегистрированными БФ ФИЦ ЕГС РАН

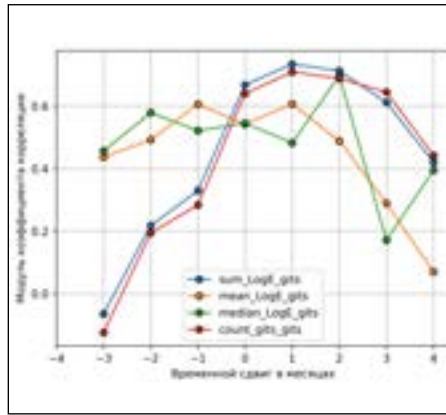


Рис. 3. Среднемесячные значения коэффициентов корреляций между наблюдениями концентраций радона и параметрами сейсмособытий по системе «ГИТС» с временным сдвигом между рассматриваемыми параметрами в диапазоне от -3 до 4 месяцев с шагом в 1 месяц. Западная часть транспортного тоннеля

в радиусе до 300 км от тоннеля (суммарное значение энергетических классов К землетрясений, среднее и медианное значение энергетических классов К землетрясений, количество землетрясений за соответствующий период).

Как и в случае взаимосвязей ОА радона с сейсмособытиями по системе сейсмомониторинга в тоннеле, отмечаются отрицательные коэффициенты корреляции между контрольными пунктами радона и параметрами землетрясений по данным БФ ФИЦ ЕГС РАН в радиусе до 300 км от тоннеля. Это также свидетельствует о наличии обратной связи между выходом радона и сейсмичностью в регионе. Однако значения коэффициентов корреляции для параметров землетрясений в радиусе до 300 км от тоннеля – меньше по модулю, чем в случае параметров сейсмособытий по системе сейсмомониторинга в тоннеле. Вероятно, это связано с тем, что системой «ГИТС» регистрируются, в том числе слабые и локальные сейсмособытия непосредственно в массиве, вмещающем тоннель, тогда как данные БФ ФИЦ ЕГС РАН отражают более крупные землетрясения в регионе в целом.

Осреднение коэффициентов корреляций и временной сдвиг корреляции

В ходе анализа полученных данных было выполнено осреднение корреляций между наблюдениями концентраций радона и параметрами сейсмособытий по системе локального мониторинга в тоннельном комплексе (рассчитаны среднемесячные значения корреляций для всех контрольных точек радона и среднемесячные значения соответствующих параметров сейсмособытий). Также были рассчитаны аналогичные значения, взятые с временным сдвигом между рассматриваемыми параметрами в диапазоне от -3 до 4 месяцев с шагом в 1 месяц (рис. 3).

Получившиеся результаты показали, что модуль коэффициента корреляции между ОА радона и параметрами сейсмособытий

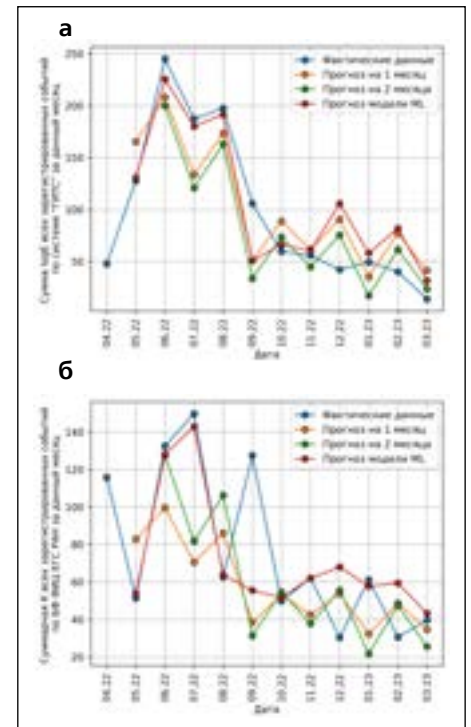


Рис. 4. Результаты сопоставления моделей линейной регрессии (прогноз на 1 месяц и на 2 месяца) и модели машинного обучения (ML) с фактическими данными для суммарной энергии (E) сейсмособытий по системе «ГИТС» (а) и для суммарной энергии (K) землетрясений в радиусе 300 км от тоннеля по данным БФ ФИЦ ЕГС РАН (б)

по системе «ГИТС» увеличивается при временном сдвиге на 1–2 месяца вперед. Вместе с тем при временном сдвиге на 1–2 месяца назад (отрицательные значения временного сдвига) значения коэффициента корреляции падают до незначительных уровней. Такая связь характерна для количества зарегистрированных сейсмособытий и их суммарной энергии и, в меньшей степени, для средних значений энергии сейсмособытий.

В ходе анализа данных с временными сдвигами между рассматриваемыми параметрами в диапазоне от -3 до 4 месяцев с шагом в 1 месяц выявлено, что в среднем рассматриваемые параметры землетрясений слабо взаимосвязаны с последующим колебанием ОА радона, и наоборот колебания ОА радона – сильно взаимосвязаны с последующими через 1–2 месяца сейсмособытиями через их параметры (в основном количество сейсмособытий и их суммарная энергия). В среднем взаимосвязь между колебаниями концентрации радона и будущими (1–2 месяца вперед) сейсмособытиями во вмещающем тоннель массиве существенна (коэффициенты корреляции $-0,65$ ч $-0,7$).

Такая же динамика наблюдается для взаимосвязей между ОА радона и параметрами землетрясений по данным БФ ФИЦ ЕГС РАН – максимальные значения коэффициентов корреляций наблюдаются при временных сдвигах на 1–2 месяца вперед. То есть увеличению значений рассматриваемых параметров землетрясений в радиусе до 300 км от тоннеля предшествует снижение средней концентрации радона.

Прогнозирование параметров сейсмических событий

Для разработки алгоритма прогноза параметров сейсмических событий к осредненным данным была применена модель линейной регрессии – для прогноза использовались линейные функции связи среднемесячных значений ОА радона на участке тоннеля с параметрами сейсмических событий по системе сейсмомониторинга в тоннеле и по данным БФ ФИЦ ЕГС РАН. Дополнительно был применен алгоритм градиентного бустинга для обучения модели машинного обучения (ML) на всех данных, учитывая каждую точку регистрации радона на участке тоннеля в отдельности без осреднения значений с учетом нелинейности взаимосвязей между параметрами [12].

Обе модели были использованы для расчета прогнозных значений параметров сейсмических событий на период 1–2 месяца. Полученные прогнозы сравнивались с фактическими данными, что позволило оценить точность и надежность каждой модели в прогнозировании параметров сейсмических событий. Результаты показаны на рис. 4.

Как уже было упомянуто выше, полученные коэффициенты корреляции для параметров землетрясений в радиусе до 300 км от тоннеля – меньше по модулю, чем в случае параметров сейсмических событий по системе сейсмомониторинга в тоннеле. Это связывается с тем, что системой «ГИТС» регистрируются, в том числе, слабые и локальные сейсмические события непосредственно в массиве, вмещающем тоннель, тогда как данные БФ ФИЦ ЕГС РАН отражают более крупные землетрясения в регионе в целом, которые могут иметь опосредованное влияние на параметры радона внутри тоннеля. В связи с этим качество прогноза параметров локальных сейсмических событий во вмещающем массиве оказывается более высоким (рис. 4а).

Значения рассчитанного коэффициента детерминации (R-squared) позволяют сделать вывод, что каждая из моделей обладает умеренной степенью объяснительной способности в отношении зависимой переменной. Рассчитанные значения R-squared для прогноза параметров сейсмических событий на 1 месяц, прогноза на 2 месяца и прогноза модели машинного обучения на 1 месяц составляют соответственно 0,508, 0,519 и 0,537 (для «ГИТС»), для удаленных землетрясений значения коэффициента детерминации (R-squared) получились неудовлетворительными.

По системе сейсмического мониторинга в тоннеле в целом удовлетворительное сходство между прогнозными и фактическими данными является важным показателем успешности применяемых моделей и подтверждает их способность адекватно оценивать будущие параметры сейсмических событий на основе мониторинговых данных ОА радона по системе точек наблюдений в тоннельном комплексе.

Для дальнейшей верификации и оценки моделей предстоит выполнить анализ ошибок и определить, в каких случаях модели могут быть менее точными, чтобы понять их ограничения, а также применить статистические тесты для проверки значимости и статистической достоверности результатов. Кроме того, важной задачей дальнейших исследований является установление причин собственно колебаний концентраций радона, которые могут быть связаны с изменениями напряженного состояния горного массива в условиях комплекса неотектонических движений, нелинейных деформационно-волновых процессов мятникового типа [13] и иными причинами.

Заключение

В ходе комплексного мониторинга радона и сейсмомониторинга на действующем тоннельном комплексе в условиях Байкальской рифтовой зоны в период с апреля 2022 г. по март 2023 г. была выявлена существенная взаимосвязь между колебаниями ОА радона с параметрами сейсмических событий во вмещающем тоннель массиве и в регионе в целом (в радиусе до 300 км от тоннеля). Максимальная взаимосвязь (коэффициенты корреляции $-0,65 \div -0,7$) наблюдается при временном сдвиге рассматриваемых параметров на 1–2 месяца вперед. Это свидетельствует об устойчивой тенденции к снижению ОА радона за 1–2 месяца до увеличения количества и энергетических параметров сейсмических событий во вмещающем тоннель массиве, а также в регионе в целом и дает потенциальную возможность прогнозировать параметры сейсмических событий по уровню ОА радона на тоннельном комплексе в условиях Байкальской рифтовой зоны. В настоящее время алгоритмы прогноза параметров сейсмических событий находятся в стадии разработки и тестирования на исторических данных с учетом ряда дополнительных факторов. Также продолжается выполнение комплексного мониторинга и формирование новых массивов данных для их анализа.

Список литературы

1. Гендлер С. Г., Мироненкова Н. А. Радиационная обстановка в выработках Северомуйского тоннеля в первый период его эксплуатации // ГИАБ. 2007. № 12.
2. Шабынин Л. Л. Гидрогеологические условия Северомуйского тоннеля БАМ. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004.
3. Булнаев А. И., Тарасов С. А., Тарасов И. А., Мироманов И. А., Мироманов М. А. Радон в Северомуйском железнодорожном тоннеле. Науки о Земле и недропользование. № 31–5. 2007.
4. Зубков С. И. Радонные предвестники землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1981. № 6.
5. King Chi-Yu. Episodic radon changes in subsurface soil gas along active faults and possible relation to earthquakes // J. Geophys. Res., 1980, v. 85, № 6, p. 3065–3078.
6. Tsuneji Rilitake Earthquake prediction.

- Amsterdam-Oxford-New York: Elsevier. 1976.
7. Бирюлин С. В., Козлова И. А., Юрков А. К. Связь между аномалиями объемной активности радона и процессом подготовки землетрясений (на примере 67 Южных Курил) // Известия УГТУ. 2021. Вып. 4 (64). С. 62–70. DOI 10.21440/2307-2091-2021-4-62-70.
 8. Уткин В. И., Юрков А. К. Радон как индикатор геодинамических процессов Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 2.
 9. Seminsky A. K. Variations in radon concentrations in the underground waters during the generation and occurrence of seismic events in the Baikal region. Geodynamics & Tectonophysics. 2022;13(2):0631. <https://doi.org/10.5800/GT-2022-13-2s-0631>.
 10. Лопатин М. Н., Семенов Р. М. Отражение сейсмичности в вариациях концентраций растворенного радона в подземных водах Южного Прибайкалья / Транспортная инфраструктура сибирского региона: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Иркутск: ИрГУПС, 2017.
 11. Пинчук К. А. Исследование распределения и мониторинг радона в Северомуйском железнодорожном тоннеле на трассе Байкало-Амурской магистрали: диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.36 / Пинчук Ксения Александровна. Иркутск, 2012.
 12. Романевич К. В., Мулев С. Н. Использование машинного обучения и нейронных сетей в задачах классификации геодинамических процессов по электромагнитному излучению горных пород и данным сейсмомониторинга. Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы XVI Международной научной школы молодых ученых и специалистов. 23–27 октября 2023 г. – М.: ИПКОН РАН, 2023 С. 249–252.
 13. Опарин В. Н., Киряева Т. А. и др. Горно-экспериментальные исследования параметрических особенностей развития нелинейных геомеханических процессов и их опасных газодинамических следствий при подземной разработке угольных месторождений / Геомеханические поля и процессы: экспериментально-аналитические исследования формирования и развития очаговых зон катастрофических событий в горнотехнических и природных системах. Т. 1. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018.

Ключевые слова

Байкальская рифтовая зона, транспортный тоннель, сейсмическая активность, газодинамическая активность, объемная активность радона, сейсмомониторинг, прогнозирование параметров сейсмических событий.

Baikal rift zone, transport tunnel, seismic activity, gas dynamic activity, volumetric radon activity, seismic monitoring, forecasting parameters of seismic events.

Для связи с авторами

Пономаренко Павел Михайлович
pavel.ponomarenko@rsrs-austria.com
Глазнева Анжела Викторовна
anzhela.glazneva@rsrs-austria.com



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИКВИДАЦИИ ВОДОПРОЯВЛЕНИЙ ДЕФЕКТОВ ПВХ МЕМБРАН НА СТАНЦИОННОМ КОМПЛЕКСЕ «ГОВОРОВО» В МОСКВЕ

EFFICIENCY EVALUATION OF THE PVC MEMBRANE DEFECTS TREATMENT AT GOVOROVO METRO STATION COMPLEX FACILITY

А. А. Слабодкин, ООО «Гидропротект»

Д. В. Бирюков, эксперт-аудитор по оценке соответствия СМК организаций

A. A. Slabodkin, LLC «Hydroprotect»

D. V. Biryukov, expert auditor for conformity assessment of QMS organizations

В настоящей работе произведена комплексная оценка эффективности инъекционных методов лечения дефектов наружной гидроизоляции методом инъектирования геля, однокомпонентной полиуретановой пены и двухкомпонентной полиуретановой смолы изнутри с привлечением шести разных производителей, с последующей откопкой и проведением натурных и лабораторных исследований.

This is the first paper that presents on this scale a comprehensive efficiency evaluation of injection methods for the defects treatment in external waterproofing from the inside by injecting acrylate gel, one-component polyurethane foam and two-component polyurethane resin. Products from six different manufacturers were applied, followed by excavation and field and laboratory studies.

Работы велись на опытном участке Калининско-Солнцевской линии метрополитена на станционном комплексе «Говорово» (рис. 1).

Проведен масштабный эксперимент по определению объективной работоспособности инъекционных технологий на реальном объекте с привлечением шести разных производителей материалов и аккредитованной лаборатории с последующей откопкой и вскрытием проинъектированных участков с наружной стороны. До этого эксперимента эффективность применения инъекционных технологий оценивалась по принципу: «течет – не течет» или в лучшем случае – взятием кернов. В эксперименте участвовали три российских и три зарубежных производителя. Для каждого участника был определен свой отрезок вертикальной стены шириной 2 м. Технологию производства работ, расположение и количество шпуров, порядок зачеканки и расход материала каждый участник определял самостоятельно. Схема производства работ у всех участников в основном совпадает и соответствует схеме ООО «Гидропротект» (рис. 2).

Натурные испытания

Работы по инъектированию метакрилатного геля отечественного бренда «Ханзакрил Гель 3 Плюс» (HansaCryl Gel 3 Plus) велись по согласованной с производителем (ООО «Гидропротект») технологии подразделения АО «МИП Строй-1», отделением «ГР» в соответствии с СТО ТАР 93.060-002-2019 [1].

Бурение шпуров под дальнейшую установку пакеров диаметром 10 мм производилось в шахматном порядке «сеткой» 300×300 мм.

Используемые материалы и оборудование:

- инъекционный разжимной пакер с плоской головкой диаметром 10 мм Injekt-StalPacker / DSP;
- метилметакрилатный инъекционный гель

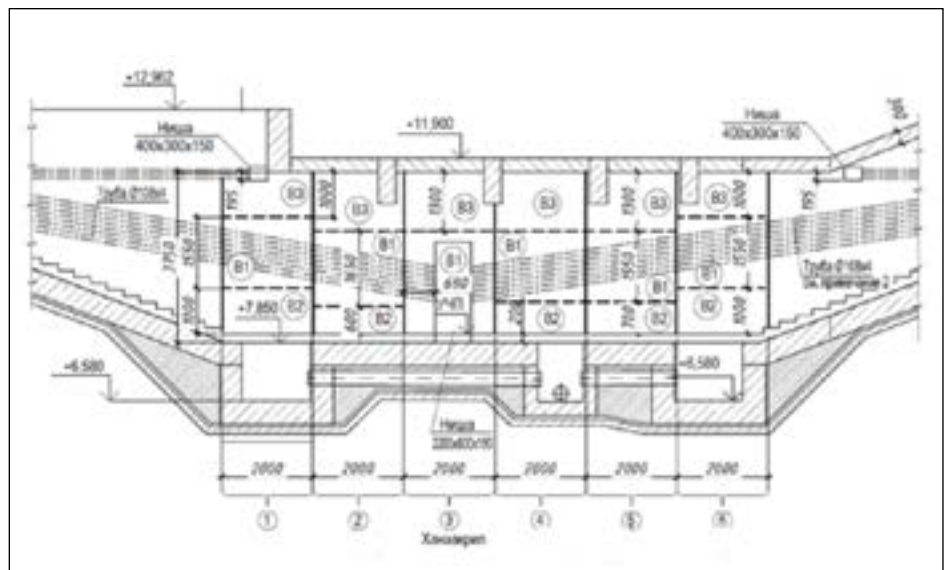


Рис. 1. Станционный комплекс «Говорово»

с полимером HansaCryl Gel 3 Plus;

- двухкомпонентный «гелевый» пневматический насос GelPumpe 14025;
- гидропломба Карат Фикс для зачеканки отверстий после извлечения пакеров.

В ходе натурального эксперимента было установлено следующее.

1. Опасение, что при устройстве шпуров может быть повреждена ПВХ мембрана, не оправдалось. Вскрытие участка производства работ с наружной стороны показало, что все шесть участников справились с задачей сквозного бурения при устройстве инъекционных шпуров без ее повреждения.
2. В связи с тем, что по условиям проведения работ не была предусмотрена предварительная «отсечка» между собой участков участников эксперимента, а работы происходили не одновременно – ожидаемо произошло частичное попадание материалов ряда участников на соседние участки.

На рис. 3 видно, что при засверливании отверстий для последующей инъекции метилметакрилатного геля на участке ООО «Гидропротект», из всех пробуренных шпуров на контакт «бетон – ПВХ мембрана» вытекала голубовато-зеленоватая жидкость, предположительно – незаполимеризованный гель из соседних опытных участков, хотя работы там проводились не менее месяца назад и материал должен был бы заполимеризоваться. Для справки: HansaCryl Gel 3 Plus не окрашен и имеет белый цвет, а в тонких слоях – бесцветный.

Инъектирование метилметакрилатного геля HansaCryl Gel 3 Plus велось последовательно «от пакера к пакеру» «снизу вверх» для достижения гарантированной сплошности «вуали» на контакте с бетоном (рис. 3).

Жизнеспособность геля выставлялась в пределах 30–45 сек.

Контроль проводимых работ осуществлял-

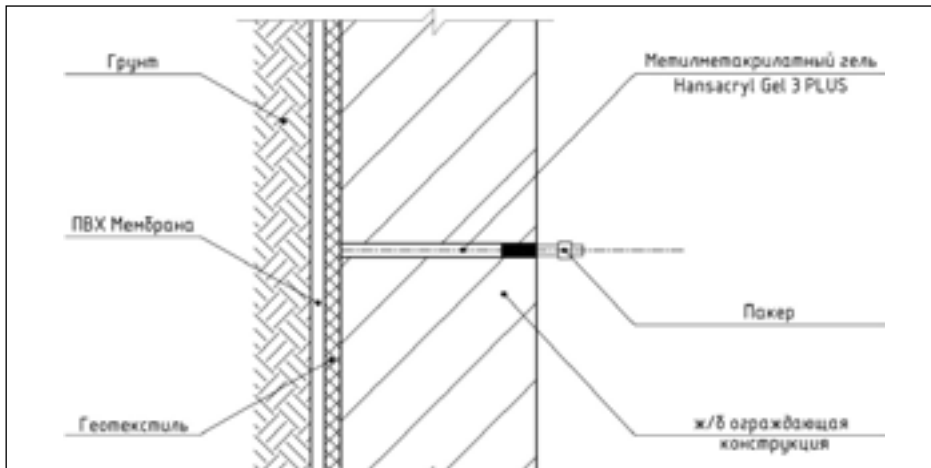


Рис. 2. Схема элементов «ограждающей конструкции» при ликвидации водопровялений по технологии ООО «Гидропротект»



Рис. 3. Инъектирование метилметакрилатного геля Hansacryl Gel 3 Plus

ся визуально – нагнетание до начала выхода геля без примесей (однородный материал белого цвета) из верхнего пакера с целью обеспечения сплошности создаваемого гидроизоляционного слоя и по манометру насоса.

На опытный участок площадью 8 м² потребовалось 2¼ комплекта материала.

Средний расход геля с полимером Hansacryl Gel 3 Plus составил 11,5 кг/м².

Максимальный расход геля среди участников составил 31 кг/м².

Участки для инъектирования заранее были распределены между участниками, чтобы цветные материалы чередовались с белыми, что позволило сформировать объективную картину.

3. Работы по вскрытию проинъектированных участков с наружной стороны после откопки проводились в период с 9.06.2022 г. по 10.06.2022 г. под руководством и в присут-

ствии представителей АО «Мосинжпроект» и представителя ООО «Гидропротект» (рис. 4 и 5). Вскрытие двухслойной ПВХ мембраны на опытном участке ООО «Гидропротект» проводилось с помощью обойного ножа (рис. 5)

После откопки наружной стены был обнаружен участок одного из участников, на котором образовался «карман» с незаполимеризованным(!) материалом (гелем), рис. 6. Материал, вероятно, отдал мембрану от стены, что привело к увеличенному его расходу. Данный факт также свидетельствует о том, что производитель работ, который осуществлял инъектирование материала на данном участке, не произвел обязательное тестирование времени жизнеспособности геля непосредственно перед инъектированием.

После удаления ПВХ мембраны в районе опытного участка ООО «Гидропротект» на бетонной поверхности ограждающей конструкции обнаружился сплошной гидроизоляционный слой заполимеризованного метакрилатного геля Hansacryl Gel 3 Plus толщиной около 6–10 мм (рис. 7 и 8).

Практика показала, что использование геотекстиля не только не является препятствием для распространения метилметакрилатного геля, но и позволяет в разы повысить прочность и надежность данного вида гидроизоляции за счет формирования «нового» композиционного материала – прочной гидроизоляционной «мембраны» в сочетании с гелем. «Мембрана» при попытке отделения (отслоения) ее от бетона показала очень хорошую адгезию. На рис. 9 (фрагмент А) видно, что при отрыве геотекстиля в местах плотного прилегания к поверхности бетона характер разрушения по контакту «геотекстиль, пропитанный гелем – стена» визуально адгезионный. Однако ввиду изначально низкой вязкости метилметакрилатного геля, соизмеримой с вязкостью воды, и высокой пористости поверхности бетона, гель пропитал поверхность последнего, создавая тем самым надежный защитный гидроизоляционный слой.

Рис. 9 показывает, что поверхность имеет темный цвет, как у влажного бетона, но при

инспектировании она была достаточно сухой, с визуальным эффектом «влажного бетона» из-за образовавшейся, невидимой глазу, прозрачной пленки из метилметакрилатного геля, который в тонких слоях прозрачен. То есть разрушение происходит по материалу, что свидетельствует о том, что адгезия к бетону выше, чем прочность самого материала.

На рис. 9 (фрагмент Б) видно, что в местах неплотного прилегания геотекстиля к бетону пространство между ним и бетоном заполнил метилметакрилатный гель. При попытке отделения геотекстиля от поверхности бетона, соответственно, зафиксирован когезионный характер отрыва, т. е. «по материалу», что свидетельствует о превышении адгезии в этом месте прочности самого геля.

На рис. 10 виден градиент изменения цвета метилметакрилатного геля от голубого до белого нижней части опытного участка.

На рис. 11 зеленовато-голубой цвет наружной части inspected участка говорит о том, что не весь гель, попавший из соседних опытных участков, удалось убрать во время инъектирования. Вероятно, он пропитал геотекстиль и затруднил прохождение материала Hansacryl Gel 3 Plus через него, так как удалить незаполимеризованный гель из геотекстиля затруднительно. По этой же причине в процессе инъекции состав Hansacryl Gel 3 Plus отдал геотекстиль от поверхности бетона, заполняя образовавшееся свободное пространство между геотекстилем и бетоном, создав сплошной гарантированный гидроизоляционный слой. Ввиду того, что в этом месте геотекстиль не примыкает непосредственно к бетонной поверхности, характер разрушения ожидаемо – когезионный (по гелю).

Также следует отметить, что во время инъекционных работ было зафиксировано наличие цветного незаполимеризованного геля, который вытек с соседних опытных участков. При вскрытии участка ООО «Гидропротект» видно, что все остатки цветного геля заполимеризовались и его практически невозможно отделить от белого геля (Hansacryl Gel 3 Plus). Можно предположить, что белый гель спровоцировал полимеризацию цветного. Подтверждением этого предположения является то, что на соседнем опытном участке после снятия ПВХ мембраны отмечено присутствие все еще незаполимеризованного геля (рис. 12).

Выводы по натурной части испытаний

1. Опасение, что при забуривании под пакры будет повреждена ПВХ мембрана, себя не оправдало.
2. Разметка под установку пакеров с плоской головкой диаметром 10 мм Injekt-StalPacker/DSP «сеткой» 300×300 мм эффективна.
3. Метилметакрилатный инъекционный гель с полимером производства ООО «Гидропротект» – Hansacryl Gel 3 Plus обеспечивает создание на поверхности бетона сплошного гидроизоляционного слоя без пустот и пузырей, используя ПВХ мембрану



Рис. 4, 5, 6. Работы по вскрытию проинъектированных участков



Рис. 7, 8. Сплошной гидроизоляционный слой заполимеризованного метакрилатного геля HansaCryl Gel 3 Plus

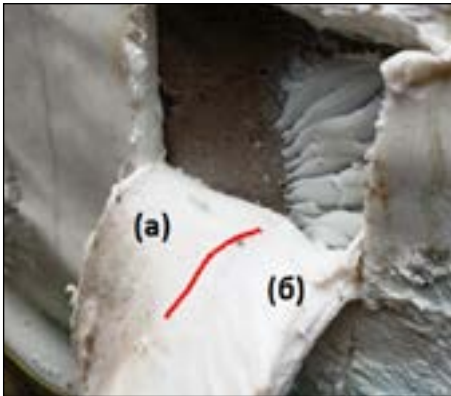


Рис. 9. Демонстрация хорошей адгезии гидроизоляционной «мембраны» при попытке ее отделения от бетона



Рис. 10. Градиент изменения цвета метилметакрилатного геля



Рис. 11. Остатки геля, попавшие из соседних опытных участков



Рис. 12. Присутствие незаполимеризованного геля

в качестве опалубки, тем самым решая основную задачу – устранение водопровывлений внутрь конструкции.

4. Геотекстиль не является препятствием для прохождения геля через него.

5. Геотекстиль, пропитанный гелем, становится дополнительным армирующим элементом вновь созданного герметизирующего слоя, повышающего надежность конструкции и обеспечивающего достаточные адгезионные свойства в местах плотного прилегания к поверхности бетона.

6. Выбранная технология проведения работ, материалы и оборудование показали свою высокую эффективность для решения задач устранения водопровывлений и, в частности, в «лечении» мембран методом инъектирования метакрилатного геля на контакт «бетонная поверхность – ПВХ мембрана».

7. Фактический расход метакрилатного геля с полимером HansaCryl Gel 3 Plus на участке ООО «Гидропротект» составил 11,5 кг/м². Максимальный фактический расход материалов для инъектирования, использованных участниками эксперимента, составил 33 кг/м².

Лабораторные испытания

Для проведения лабораторных инструментальных испытаний организатором ОАО «Мосинжпроект» была привлечена аккредитованная лаборатория, которая провела инструментальный контроль образцов отобранных на объекте из конструкций и материалов, предоставленных производителями испытываемой продукции, и составила отчет [2].

Целью исследования было проведение сравнительных испытаний акрилатных, полиуретановых и цементных составов, применяемых для ремонта и гидроизоляции строительных конструкций. Перечень испытаний определял заказчик.

В связи с тем, что участвующие в эксперименте инъекционные материалы относятся к разным группам полимеров, было бы правильным для большей объективности разделить их на три условные группы:

- акрилатные гели;
- двухкомпонентные полиуретановые смолы;

- однокомпонентные полиуретановые пены.

Испытания материалов участников на прочность сцепления с основанием (адгезию) на объекте проводились по ГОСТ 28574-2014, п. 2.1 [3].

На рис. 13 приведен фрагмент процесса испытаний на адгезию материала HansaCryl Gel 3 Plus производства ООО «Гидропротект». Среднеарифметическое значение прочности сцепления с основанием метил-метакрилатного геля HansaCryl Gel 3 Plus составило 1,1 МПа. Разброс значений адгезии к основанию акрилатных гелей, представленных участниками, составил от 0,2 до 1,1 МПа. На испытания были предоставлены двухкомпонентные полиуретановые смолы одного из участников. Среднеарифметическое значение прочности сцепления с основанием составило 0,2 МПа. Аналогичные материалы ООО «Гидропротект» в испытаниях не участвовали.

Однокомпонентные полиуретановые пены были представлены одним участником. Среднеарифметическое значение прочности сцепления с основанием составило 0,1 МПа. Аналогичные материалы ООО «Гидропротект» в испытаниях не участвовали.

Испытания по определению твердости по Шору А образцов гидроизоляции из полимерных материалов в сухом (твердом) состоянии проводились в соответствии с п. 3.8 ГОСТ 2678-94. (рис. 14) [4]. Диапазон средних значений твердости по Шору А акрилатных гелей участников эксперимента, определенных на объекте, составил от 24 до 73 единиц. Диапазон средних значений твердости по Шору А акрилатных гелей участников эксперимента, определенных в лаборатории, составил от 11 до 37 единиц. Водопоглощение двухкомпонентных полиуретановых смол составило 0,5 %.

Испытания по определению гибкости образцов гидроизоляции из полимерной инъекции проводились в соответствии с п. 3.9 ГОСТ 2678-94 (рис. 16, 17). Зафиксировано отсутствие дефектов (трещин). Наличие трещин отмечено только у материала одного из участников.

Определение разрывной силы при растяжении, условной прочности, условного напряжения, относительного удлинения и относительного остаточного удлинения образцов полимерных инъекционных материалов проводилось на образцах-лопатках типа 2 в соответствии ГОСТ 2678-94 (рис. 18 и 19).

Усредненные результаты по испытанию на растяжение образцов-лопаток материала HansaCryl Gel 3 Plus:

- условная прочность – 0,045 МПа;
- относительное удлинение – 3077 %;
- относительное остаточное удлинение – 124 %.

Следует отметить, что для определения водопоглощения образцов гидроизоляции из полимерной инъекции в сухом (твердом) состоянии с и без геотекстиля заказчиком и аккредитованной лабораторией был выбран п. 3.10 ГОСТ 2678-94.

Средние значения результатов испытаний образцов гидроизоляции на основе акрилатных гелей различных участников испытаний:

- с геотекстилем – от 44,3 до 84,5 %;
- без геотекстиля – от 35,2 до 65,3 %.

Средние значения результатов испытаний образцов гидроизоляции на основе двухкомпонентных полиуретановых смол:

- с геотекстилем – 0,5 %;
- без геотекстиля – 0,5%.

Определение водонепроницаемости (рис. 20) образцов гидроизоляции из полимерной инъекции в сухом (твердом) и мокром состоянии, выполненной с применением геотекстиля и без него, проводилось в соответствии с п. 3.11 ГОСТ 2678-94. Испытания по определению водонепроницаемости образцов по п. 3.11 ГОСТ 2678-94 материалов из акрилатных гелей в мокром состоянии без геотекстиля показали, что ни один материал ожидаемо не прошел испытания. Испытания по определению водонепроницаемости образцов по п. 3.11 ГОСТ 2678-94 материалов из акрилатных гелей в мокром состоянии армированные геотекстилем показали, что все материалы прошли испытания.

Замечания, выводы и итоги лабораторных испытаний

Результаты лабораторных испытаний неоднозначны, часть из них можно назвать спорными. Так лаборатория в перечне испытаний в п. 1.4 в пп. 12, 13 и 14 своего отчета инъекционные материалы определяет как «мастики» и «покрытия», отсюда, вероятно, и выбор методов испытаний.

В качестве базового стандарта, определяющего порядок проведения испытаний и обработку их результатов, взят ГОСТ 2678-94, который распространяется на рулонные кровельные и гидроизоляционные материа-

лы. В то время как в РФ с 01.01.2017 г. введен в действие межгосударственный ГОСТ 33762-2016 [5], устанавливающий требования к инъекционно-уплотняющим составам и уплотнениям (конструкционным или неконструкционным) трещин, полостей и расщелин при защите или восстановлении бетонных и железобетонных конструкций, который учитывает особенности различных групп инъекционных материалов, регламентирует способы и методы их испытаний, а также принципы работы с ними.

Так, для группы материалов КГ (когезионно-герметизирующие), для испытаний на адгезию должны быть веские основания. Определение таких параметров как «разрывная сила» и «водонепроницаемость в сухом и мокром состоянии» по ГОСТ 2678-94 п. 3.4 и п. 3.11 может быть условно применимо для двухкомпонентных материалов из полиуретана, группы АГ (адгезионно-герметизирующие). С учетом того, что ГОСТ 2678-94 устанавливает методы испытаний кровельных материалов, для когезионно-герметизирующих (КГ) более корректным, полагаю, было бы использование методики ГОСТ 33762-2016.

Определение твердости по Шору на объекте некорректно, так как на результат в данном случае значительное влияние оказывает наличие или отсутствие в образце влаги (воды) в момент проведения испытаний.

Для большей наглядности, обеспечения возможности корректного сравнения результатов испытаний и выбора материалов, разумно было бы материалы разделить на группы (полиуретановые, адгезионно-герметизирующие (АГ) и акрилатные, когезионно-герметизирующие (КГ) по ГОСТ 33762-2016), так как предложенное изложение результатов в общей таблице может ввести в заблуждение потенциальных потребителей.

Говорить, что испытания проведены



Рис. 13. Фрагменты процесса испытания материала HansaCryl Gel 3 Plus

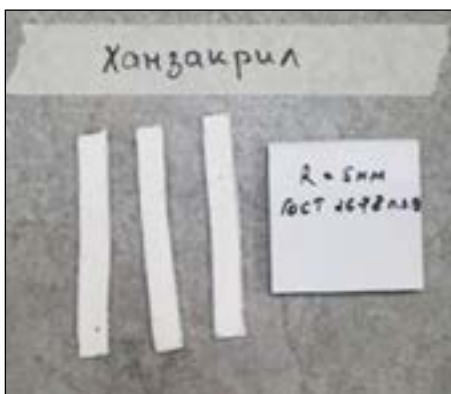


Рис. 19. Фрагменты процесса испытания материала HansaCryl Gel 3 Plus

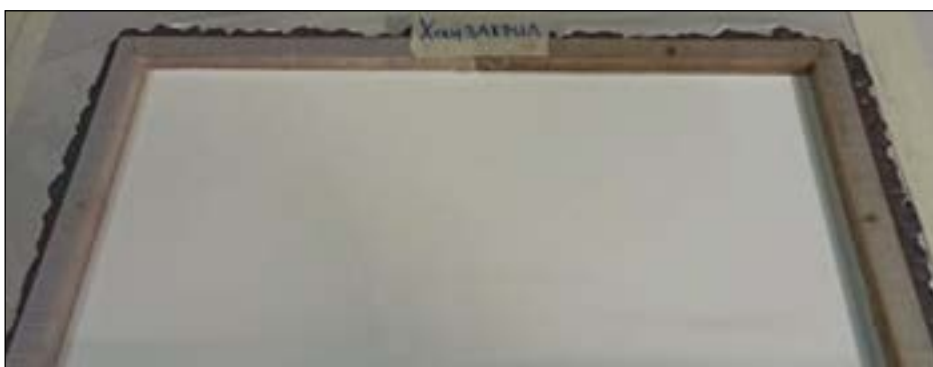


Рис. 14–18. Фрагменты процесса испытания материала HansaCryl Gel 3 Plus

по ГОСТ 2678-94 некорректно, так как для ряда материалов соблюсти все условия проведения испытаний, предписываемых данным ГОСТом, невозможно, поэтому правильнее было бы указать, что ГОСТ 2678-94 взят за основу «со следующими дополнениями...».

Таким образом, эксперимент, в целом, подтвердил работоспособность технологии инъектирования для решения поставленных задач. Особенно хорошо себя зарекомендовало сочетание работы геля с подложкой из геотекстиля, так как ранее было опасение, что геотекстиль будет мешать прохождению геля в мелкие зазоры.

Вопросы участников эксперимента вызвал выбор стандарта, в соответствии с которым были выполнены испытания представленных ими материалов. Лабораторные испытания проводились в своем большинстве по ГОСТ 2678-94 «Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные», а не по ГОСТ 33762-2016 «Требования к инъекционно-уплотняющим составам и уплотнениям трещин, полостей и расщелин», который

соответствует европейскому региональному стандарту EN 1504-5:2013 «Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Определения, требования, контроль качества и оценка соответствия. Часть 5: Инъекция бетона в части терминов и определений, требований к идентификационным испытаниям, номенклатуре показателей эксплуатационных качеств, числовым значениям этих показателей, оценке соответствия».

Так, например, по ГОСТ 33762-2016 для материалов группы компрессионно-герметизирующих (КГ), к которой относятся акрилатные гели, проверка адгезии, гибкости на брус, относительного удлинения на «лопатках», относительного удлинения на «образцах швов» (как при испытаниях тиксотропных мастик) и т. п. не предусмотрено, а испытания на водонепроницаемость проводятся по другой методике, существенно отличающейся от примененной в данном исследовании. Это обусловлено иным принципом действия материалов, их химической природой, и, соответственно, физически-

ми параметрами. Материалы группы КГ не предполагают их использования в «сухих» конструкциях, но должны обеспечивать работоспособность во влажной среде.

С другой стороны, при обоснованной необходимости и принятии ряда допущений (с обязательным указанием их в отчете об испытаниях), технически возможно применение методик ГОСТ 2678-94 для испытаний инъекционных материалов группы адгезивно-герметизирующих (АГ), в нашем случае – двухкомпонентных полиуретановых смол. В отличие от материалов группы КГ, после полимеризации они имеют стабильную структуру и практически не меняют своих свойств во влажной и сухой среде. При этом не следует забывать, что инъекционные двухкомпонентные полиуретановые смолы обычно «тугопластичные», другими словами – «жесткие» и «эластичные». Как правило, производитель указывает это в техническом описании на материал и, соответственно, неочевидна цель испытаний «жестких» материалов по таким показателям, как гибкость на брус.

К отдельной группе инъекционных материалов, которые также оценивались при проведении эксперимента, следует отнести однокомпонентные полиуретановые пены. В отношении них необходимо отметить, что обзор и анализ европейских стандартов и отечественной научно-технической литературы [6] однозначно указывает на необходимость ограничения их применения на объектах повышенной ответственности. Данные ограничения обусловлены нестабильностью конечного продукта взаимодействия гидроактивных однокомпонентных полиуретановых пен и гелей

с водой и подверженностью подобных систем ускоренному гидролизу, что, в свою очередь, обуславливает на порядок более низкую долговечность и водостойкость однокомпонентных полиуретановых материалов по сравнению с двухкомпонентными полиуретановыми смолами, обладающими необходимой химической стабильностью и высокой стойкостью к гидролизу.

При инъектировании однокомпонентных материалов однокомпонентным насосом происходит их неравномерное перемешивание с грунтовой водой с образованием конечного продукта со сложно прогнозируемыми и нестабильными показателями физико-механических и эксплуатационных свойств, таких как коэффициент вспенивания и набухания, нагнетаемость, прочность, эластичность, характер макропористой структуры, водонепроницаемость, адгезия к бетону и др. Гидроактивность, отсутствие прогнозируемости технических характеристик и гидрофильность заметно снижают как долговечность, так и эксплуатационную надежность уплотнений из этих материалов.

Необходимость ограничения применения однокомпонентных полиуретановых систем в транспортном строительстве подтверждается рекомендациями регулирующих органов, закрепленными в зарубежных стандартах.

Таким образом, применение однокомпонентных полиуретановых систем взамен двухкомпонентных полиуретановых инъекционных смол допустимо в отдельных случаях, например:

- герметизация фильтрующих дефектов железобетонных конструкций с экстремальным водопритоком, при отсутствии на строительной площадке быстротвердеющей двухкомпонентной смолы или двухкомпонентного насоса для ее нагнетания;
- создание локальной противофильтрационной завесы за обделкой для остановки активного водопритока в шов, полость, пустоту или трещину с целью последующего качественного уплотнения фильтрующего дефекта двухкомпонентной полиуретановой смолой или другими инъекционными материалами, предназначенными для данной задачи.

Данные ограничения частично подтверждают итоги натурных испытаний. Так, среднеарифметическое значение прочности сцепления с основанием однокомпонентных полиуретановых систем составило 0,1 МПа. Это минимальный показатель среди всех групп полимерных материалов, принимавших участие в испытаниях. При этом наблюдался адгезионный характер разрушения – по бетону.

По лабораторным испытаниям в целом можно заключить, что для систематизации полученной информации с целью ее дальнейшего использования испытанные материалы целесообразно разделить на группы (однокомпонентные полиуретаны, двухкомпонентные полиуретаны, акрилатные гели). И уже исходя из специфики их химической



Рис. 20. Материал HansaCryl Gel 3 Plus с геотекстилем в сухом состоянии в процессе испытания

основы и физико-механических свойств, при необходимости проведения испытаний, выходящих за рамки ГОСТ 33762-2016, разработать или доработать существующие методики, например, для мастик или рулонных материалов.

Выводы

1. Испытания однокомпонентных полиуретановых систем, представленных одним участником, позволяют предположить неэффективность использования этих материалов в качестве долговременной гидроизоляции (среднеарифметическое значение прочности сцепления с основанием 0,1 МПа).
2. Испытания двухкомпонентных полиуретановых смол, представленных одним участником, показали их стабильные физико-механические свойства, низкое водопоглощение, соответствие требованиям по водонепроницаемости.
3. Из представленных шестью участниками метилметакрилатных гелей, в лабораторных испытаниях участвовали пять. Все пять материалов показали свою эффективность для восстановления наружной гидроизоляции из ПВХ мембран. Инъекция акрилатных гелей на контакт «бетон – ПВХ мембрана» создаст «новую» сплошную мембрану из нетканого материала и эластичного геля с высокой адгезией к основанию (бетону). При этом, из трех представленных групп материалов акрилатные гели показали наиболее высокие показатели адгезии к основанию. У четырех из пяти материалов, представленных участниками, среднеарифметическое значение прочности сцепления с основанием на реальном объекте составило от 0,7 до 1,1 МПа. Таким образом, была создана наружная гидроизоляция с адгезией к бетону в соответствии с СП 120.13330.2012 [7]. Вновь созданный гидроизоляционный

слой позволил исключить бесконтрольную миграцию воды в границе карт, в отличие от гидроизоляции ПВХ мембраной без адгезии к бетонному основанию.

Список литературы

1. СТО ТАР 93.060-002-2019 Ремонт бетонных и железобетонных конструкций подземных сооружений транспортного назначения с применением материалов ООО «Гидропротект». Правила проектирования и производства работ.
2. Технический отчет ООО НИЦ «Строительных технологий и материалов» № 818 по теме: «Проведение сравнительных испытаний акрилатных, полиуретановых, цементных составов, применяемых для ремонта, гидроизоляции строительных конструкций», 2023 г.
3. ГОСТ 28574-2014. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий.
4. ГОСТ 2678-94. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний.
5. ГОСТ 33762-2016 (EN 1504-5:2013). Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к инъекционному-уплотняющим составам и уплотнениям трещин, полостей и расщелин.
6. Кобидзе Т. Е., Крымов О. Б., Конюхов Д. С., Слабодкин А. А., Генрих Арнольд. Области применения однокомпонентных гидроактивных полиуретановых пен и гелей в метростроении // Транспортное строительство. 2023, № 2.
7. СП 120.13330.2012. Свод правил. Метрополитены.

Для связи с авторами

Слабодкин Александр Анисович
bs221b@yandex.ru
Бирюков Денис Викторович
bs221b@yandex.ru



ПОДВОДНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ В СИБИРИ И НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

UNDERWATER TRANSPORT TUNNELS IN SIBERIA AND THE FAR EAST

Л. В. Маковский, к. т. н., В. В. Кравченко, к. т. н., МАДИ, кафедра мостов, тоннелей и строительных конструкций
L. V. Makovsky, Ph.D., V. V. Kravchenko, Ph.D., MADI, Department of bridges, tunnels and building structures

Рассматриваются проблемы развития транспортной инфраструктуры Сибири и Дальнего Востока, одной из которых является строительство мостовых и тоннельных пересечений крупных водных препятствий. Приведен краткий исторический обзор подводного тоннелестроения в России. Указаны основные особенности строительства тоннелей в условиях сурового климата, отмечаются их достоинства по сравнению с мостами. Большое внимание уделено двум крупным тоннельным переходам: через р. Енисей в районе Красноярска и через р. Амур в районе Хабаровска. Оба эти тоннеля имеют стратегическое значение и обеспечивают транспортную связь западных и восточных регионов России. В настоящее время намечена реконструкция этих тоннелей. В качестве перспективных рассмотрены планы по строительству подводных тоннелей под р. Лена в районе г. Якутск, под проливом Невельского между материком и островом Сахалин и под Беринговым проливом между Россией и США. Указано на необходимость обобщения и анализа мирового опыта тоннелестроения и проведения научных исследований, результаты которых должны быть учтены при проектировании и строительстве подводных тоннелей в Сибири и на Дальнем Востоке.

The problems of development of the transport infrastructure of Siberia and the Far East are considered, one of which is the construction of bridges and tunnels crossing large water obstacles. A brief historical overview of underwater tunneling in Russia is given. The main features of the construction of tunnels in a harsh climate are indicated, their advantages are noted in comparison with bridges. Much attention is paid to two large tunnel crossings: through the river Yenisei near Krasnoyarsk and across the river Amur near Khabarovsk. Both of these tunnels are of strategic importance and provide transport links between the western and eastern regions of Russia. At present, the reconstruction of these tunnels is planned. Plans for the construction of underwater tunnels under the river were considered as promising. Lena near Yakutsk, under the Nevelskoy Strait between the mainland and Sakhalin Island and under the Bering Strait between Russia and the USA. The need to generalize and analyze the world experience in tunneling and conduct scientific research is indicated, the results of which should be taken into account in the design and construction of underwater tunnels in Siberia and the Far East.

Огромные территории Сибири и Дальнего Востока пересекают многочисленные железные и автомобильные дороги.

Крупнейшая Транссибирская железнодорожная магистраль (Транссиб) соединяет европейскую часть России с восточносибирскими и дальневосточными промышленными районами [1, 2].

Трассы железных и автомобильных дорог пересекают многочисленные водные преграды, в том числе, такие крупнейшие реки как Лена, Енисей, Обь, Иртыш, Ангара, Амур и их притоки. Для преодоления рек построены и строятся как мостовые, так и тоннельные переходы, которые в условиях сурового климата имеют существенные преимущества.

Идеи о строительстве подводных транспортных тоннелей в России выдвигались еще в начале XIX в. Предлагалось построить тоннели под р. Невой в Санкт-Петербурге и под р. Москвой в Москве [1, 2]. Однако все эти предложения не были осуществлены.

Детальный эскизный проект строительства подводного железнодорожного тоннеля под р. Волгой у Нижнего Новгорода, разрабо-

танный в 1913–1914 гг., был близок к реализации, однако Первая Мировая война нарушила эти планы. С тех пор к вопросу о строительстве тоннеля не возвращались [3].

Первый подводный тоннель в нашей стране был построен в Москве под каналом им. Москвы в 1937 г. (рис. 1). Позднее, в 1972 г. рядом с существующим был построен второй тоннель, а в 2001 г. – третий тоннель на Волоколамском шоссе длиной 400 м [1].

Несколько подводных тоннелей построены по линиям метрополитенов в Москве, Санкт-Петербурге, а также в ряде городов бывшего СССР.

В 1983 г. в Ленинграде под Морским каналом был построен подводный тоннель длиной около 1 км для связи между Канонерским и Гутуевским островами. На подводном участке тоннеля длиной 375 м впервые в нашей стране применили способ опускных секций [2].

В Санкт-Петербурге под судоходным каналом защитной дамбы в Финском заливе в 2011 г. построен шестиполосный автодорожный тоннель длиной 1,96 км.



Рис. 1. Подводный тоннель под каналом им. Москвы, 1937 г.

Многочисленные подводные тоннели эксплуатируются и строятся во многих зарубежных странах.

Тоннели в Сибири и на Дальнем Востоке

Если в европейской части России с умеренным климатом строительство подводных тоннелей не осложняется неблагоприятными природными воздействиями, то в суровых климатических условиях Сибири и Дальнего Востока сильные морозы, ураганные ветры, ледоход и другие факторы требуют особого подхода.

Далее рассмотрены примеры строительства подводных транспортных тоннелей в указанных выше районах, отмечаются особенности ведения тоннелестроительных работ в сложных климатических и инженерно-геологических условиях.

Большой интерес представляет крупнейший в нашей стране подводный железнодорожный тоннель под Амуром в районе Хабаровска, построенный в 1942 г. и долгое время имевший секретный статус военно-гражданского объекта (рис. 2), [3]. Планы по строительству железнодорожного тоннеля под Амуром рассматривались еще в начале XX в. В 1906 г. были проведены изыскательские работы по трассе Транссибирской магистрали.

По их результатам были предложены несколько вариантов мостового и тоннельного переходов, однако к строительству так и не приступили.

В связи с тем, что в 30-е годы на Дальнем Востоке развернулось крупное индустриальное строительство, резко возросли грузопотоки по Транссибу из центра страны.

Существующая однопутная железнодорожная магистраль, построенная на рубеже XIX и XX вв., не справлялась с возросшими потоками и требовала ремонта и реконструкции.

В 1936 г. было принято решение о строительстве под Амуром железнодорожного тоннеля. Для проведения изысканий в Хабаровск направили специальную экспедицию, в состав которой вошли опытные тоннельщики из Метротреста, которыми руководил академик В. Е. Веденеев. Было рассмотрено девять вариантов тоннельного перехода и принят вариант тоннеля длиной 7,12 км с длиной подрусловой части 3,6 км при глубине заложения 10–14 м под дном Амура. Сметная стоимость строительства тоннеля составила 294,5 млн руб. Завершить работы и сдать тоннель в эксплуатацию намечалось в конце 1939 г. Проходческие работы начали в конце 1937 г. силами Мосметростроя и других организаций. Всего на стройке было занято около 2 тыс. человек.

Прежде всего, были пройдены четыре шахтных ствола, через которые были опущены и смонтированы немеханизированные щиты.

Проходку вели двумя забоями на сбойку. Максимальное отклонение осей тоннеля при сбойке не превысило 15 мм. Скорость проходки в скальных породах составляла 5 м в сутки. Всего было разработано 1 млн 475 тыс. м³ грунта и уложено 137,6 тыс. м³ бетона. Сбойка состоялась

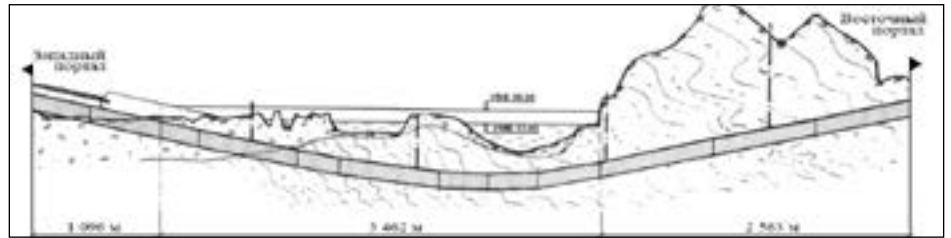


Рис. 2. Продольный разрез Амурского подводного тоннеля

в июне 1941 г., а 20 июля по готовому тоннелю прошел первый поезд.

Тоннель оснащен всем необходимым эксплуатационным оборудованием: вентиляцией, освещением, водоотведением, обогревом воздуха, оповестительной и заградительной сигнализацией.

С 1942 по 1964 гг. тоннель в качестве секретного объекта находился в консервации, а затем снова введен в эксплуатацию для пропуска грузовых составов в западном направлении.

С начала 80-х годов после завершения электрификации Дальневосточной железной дороги по тоннелю стали пропускать пассажирские поезда.

В середине 80-х гг. XX в. под р. Енисей, недалеко от Красноярска был построен уникальный двухъярусный подводный тоннель длиной 2,17 км (рис. 3). Его основное назначение – отвод стоков от Горно-химического комбината, в составе которого находилось предприятие по переработке облученного урана. Для этого в нижнем ярусе тоннеля предусмотрена прокладка пяти магистральных трубопроводов в железобетонных лотках, а в верхнем ярусе – проезжая часть для пропуска однопольного автомобильного движения.

Ширина тоннеля составляла 6 м, высота – 7 м, глубина заложения под дном Енисея – 47 м [3].

Проходку тоннеля вели с двух порталов на сбойку и завершили в 1985 г.

Все работы по строительству тоннеля были строго засекречены.

В 1992 г. в связи с прекращением работы предприятия тоннель стали использовать в утилитарных целях: перевозка товаров, грузов, продуктов, оборудования и др.

В настоящее время рассматривается вопрос о строительстве мостового или тоннельного перехода через р. Лена в районе Якутска. Учитывая суровые климатические условия в этом районе, создание тоннеля предпочтительнее. По одному из вариантов подводный переход запроектирован в виде тоннельного комплекса в створе Нижний Бестях – Якутск,

включающего однопутный железнодорожный тоннель диаметром 9,4 м и автодорожный тоннель диаметром 12,83 м для двухполосного автомобильного движения. Общая протяженность перехода составит 8347 м.

В перспективе рассматриваются различные варианты строительства подводных тоннелей под заливом Невельского с материка на о. Сахалин и под Беринговым проливом.

Заключение

Развитие транспортной инфраструктуры на территории Сибири и Дальнего Востока предусматривает реконструкцию и ремонт существующих железных и автомобильных дорог, в местах пересечения которых с крупными водными препятствиями эксплуатируются, строятся и проектируются внеклассные мостовые и тоннельные сооружения.

В суровых климатических условиях Сибири и Дальнего Востока предпочтительнее подводные тоннели, которые в отличие от мостов защищены от неблагоприятных природных воздействий.

В настоящее время рассматриваются предложения по реконструкции тоннелей под реками Амур и Енисей, а также перспективы по строительству тоннелей под рекой Лена, проливом Невельского и Беринговым проливом. Реконструкция существующих и строительство новых тоннелей потребует изучения и анализа мирового опыта подводного тоннелестроения, а также проведения научных исследований, результаты которых будут положены в основу новых нормативных документов.

Список литературы

1. Маковский Л. В., Кравченко В. В., Сула Н. А. Проектирование автодорожных и городских тоннелей. – М.: КНОРУС, 2022. – 534 с.
2. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Подводные транспортные тоннели из опускных секций. – М.: КНОРУС, 2016. – 160 с.
3. Интернет-ресурсы:
 - URL:Режим доступа <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1568026>, свободный. – (Дата обращения 28.06.2023 г.)
 - URL:Режим доступа <https://nvdaily.ru/info/874.html>, свободный. – (Дата обращения 28.06.2023 г.)
 - URL:Режим доступа <https://amygdally.livejournal.com/1237820.html>, свободный. – (Дата обращения 28.06.2023 г.)

Для связи с авторами

Маковский Лев Вениаминович
tunnels@list.ru
Кравченко Виктор Валерьевич
609vkv@gmail.com

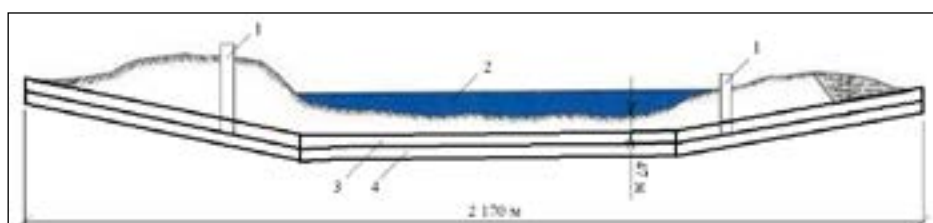


Рис. 3. Продольный разрез подводного тоннеля под р. Енисей: 1 – шахтный ствол; 2 – р. Енисей; 3 – верхний и нижний ярусы тоннеля соответственно

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ ТОННЕЛЕЙ НА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЯХ С УЧЕТОМ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

PROSPECTS OF TUNNELS ON HIGH-SPEED RAILWAYS DESIGN AND CONSTRUCTION IN CONSIDERATION OF AERODYNAMIC PROCESSES

О. О. Шелгунов, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

O. O. Shelgunov, OJSC «Research, design and survey institute «Lenmetrogioprotrans»

Рассмотрены особенности проектирования и сооружения тоннелей на высокоскоростных железнодорожных магистралях, а также представлены некоторые результаты моделирования аэродинамического взаимодействия подвижного состава с конструкциями однопутного железнодорожного тоннеля. Приведены некоторые результаты исследования методами математического моделирования аэродинамики поезда при различной скорости движения (250–400 км/ч) в однопутных тоннелях на ВСМ с изменяемыми геометрическими параметрами (длина, площадь поперечного сечения). Рассмотрен вопрос влияния геометрических характеристик системы «тоннель – воздушная среда – поезд» на аэродинамическое давление.

The features of the design and construction of tunnels on high-speed railways are considered, and some results of modeling the aerodynamic interaction of rolling stock with the structures of a single-track railway tunnel are presented. Some results of the study by methods of mathematical modeling of the aerodynamics of a train at different speeds (250–400 km/h) in single-track tunnels on the high-speed rail with variable geometric parameters (length, cross-sectional area) are presented. The issue of the influence of the geometric characteristics of the «tunnel – air medium – train» system on aerodynamic pressure is considered.

Согласно федеральному проекту «Развитие высокоскоростных железнодорожных магистралей», приступили к проектированию высокоскоростной специализированной железнодорожной магистрали (ВСМ) Санкт-Петербург – Москва. Руководствуясь зарубежным опытом проектирования и эксплуатации ВСМ, отмечено, что тоннели являются не только средством преодоления препятствий, но и сооружениями, предназначенными улучшить эксплуатационные качества магистралей, сохранить ландшафты, природные заповедные и охранные зоны, селитебные территории: в условиях спокойного равнинного рельефа часть линий может быть проложена в тоннелях [1, 2]. Проекты, осуществленные в последние годы в зарубежных странах, показывают, что при пересечении водных преград на ВСМ по совокупности факторов в сравнении с мостовыми переходами зачастую предпочтительными являются тоннельные варианты [2, 3].

Отмечено, что зарубежный опыт эксплуатации тоннелей на ВСМ определяет однопутные тоннели предпочтительным вариантом с точки зрения безопасности движения поездов, чрезвычайных ситуаций, так как предоставляет возможность эвакуации в параллельный тоннель, а также отсутствие остановки движения на магистрали.

В соответствии с документом «Технический регламент Таможенного Союза «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» (ТР ТС002/2011):

«... – геометрические размеры поперечного сечения и конструктивные решения тоннелей должны устанавливаться с учетом минимизации величины избыточного аэродинамического давления, возникающего при входе в тоннель и движении в нем высокоскоростного железнодорожного подвижного состава;

при проектировании объектов инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта ... должны быть проведены специальные исследования для принятия решений по снижению колебаний аэродинамического давления в тоннелях ... и подземных станциях при проходе высокоскоростного железнодорожного подвижного состава с максимальными скоростями».

Площадь поперечного сечения тоннеля должна быть определена таким образом, чтобы это не приводило к критическому перепаду давлений при движении поездов [4], не вызывало дискомфорта у пассажиров [5] и не приводило к избыточной свободной площади сечения (существенное увеличение стоимости сооружения) – все это определяет одну из основных инженерных задач при проектировании тоннелей на ВСМ.

Зарубежный опыт демонстрирует, что определение геометрических параметров тоннелей на ВСМ с учетом негативных аэродинамических процессов следует осуществлять при помощи математического моделирования. Среди обилия исследований встречаются различные недостатки, такие

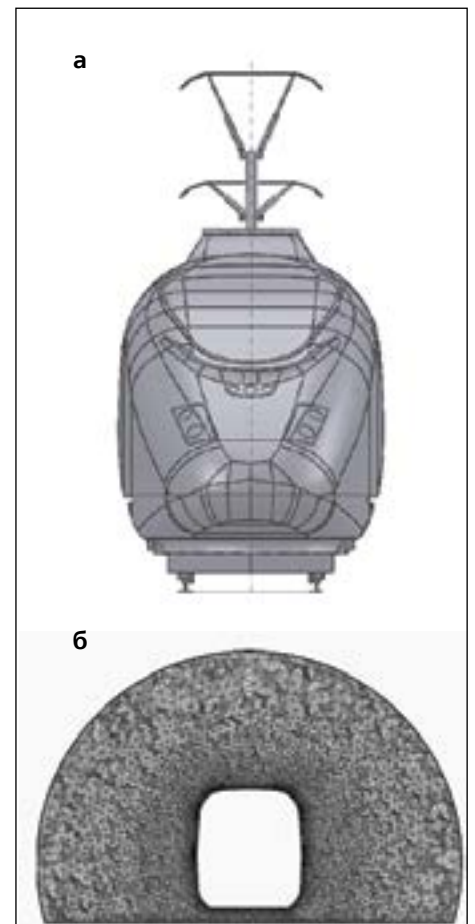


Рис. 1. Примеры моделей: а – подвижного состава; б – тоннеля на ВСМ с элементами расчетных сеток воздушной среды

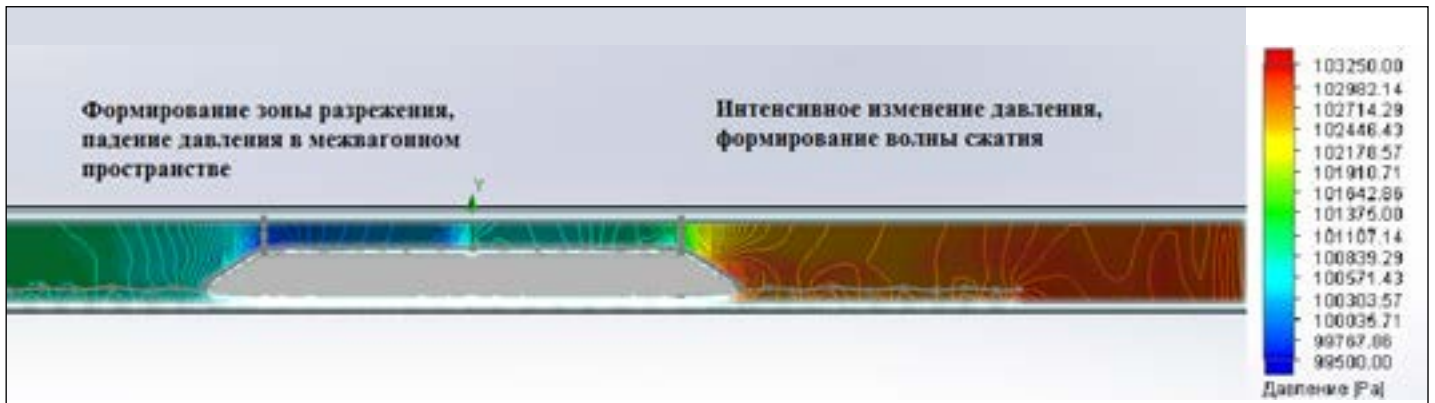


Рис. 2. Эпюра аэродинамического давления по длине тоннеля при движении поезда со скоростью 300 км/ч (при параметрах системы $\beta = 0,156, \lambda = 5$)

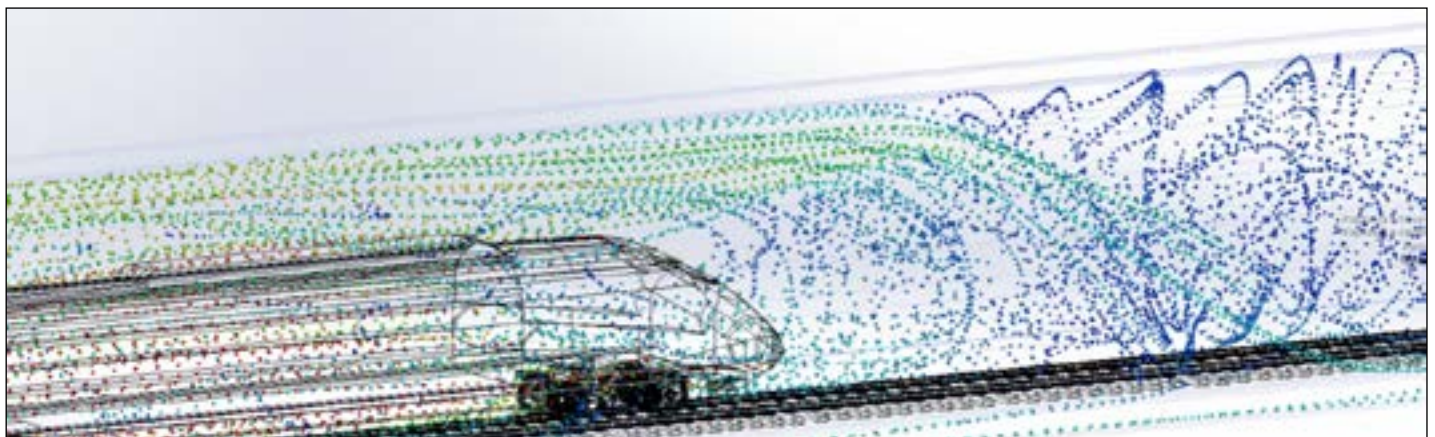


Рис. 3. Траектории воздушных потоков при движении поезда со скоростью 300 км/ч (при параметрах системы $\beta = 0,225, \lambda = 3$)

как: пренебрежение отдельными физико-механическими характеристиками воздушной среды, искаженное воспроизведение составляющей давления, на которую влияет трение, чрезмерное упрощение модели поезда, моделирование тоннеля имитационной схематичной конструкцией [3, 6, 7]. Существуют методы, позволяющие всесторонне и достоверно оценивать развитие аэродинамического давления в тоннеле при движении поезда со скоростями более 200 км/ч.

Методика исследований

Метод погруженного тела представляет собой размещение в расчетном объеме жидкости или воздуха твердой модели (поезд) с заданными свойствами движения. Формирование расчетной сетки для воздушного объема и тела осуществляется с наложением, при этом на каждом временном интервале определяются перекрывающиеся элементы, для которых устанавливается скорость воздуха, равная скорости движения тела. Данный подход не дает возможности моделировать пограничный слой у стенок расчетной модели, следовательно – определять аэродинамическое давление на поверхностях достоверно. При определении аэродинамического воздействия на поверхности инфраструктуры данный фактор не является принципиальным. Метод погруженного тела предъявляет сравнительно невысокие требования к вычислительным и временным затратам, и представляется применимым к расчету аэродинамического давления на поверхности конструкций.

Метод скользящих сеток представляет собой модель из стационарной и нестационарной областей: стационарная часть является фрагментом среды, внутри которой расположены неподвижные объекты и сооружения. Внутри данной области располагается нестационарная часть, представляющая собой фрагмент среды, внутри которой расположена модель поезда. Взаимодействие производится с помощью вращательного относительного движения (при значительном радиусе окружности более 1000 км) расчетных областей, таким образом возможно задавать условия линейного движения модели. Данный подход предъявляет высокие требования к точности геометрии расчетных областей и моделей, к индивидуальным динамическим системам координат движущихся объектов. В каждый интервал времени осуществляется изменение расчетной сетки, поэтому данный метод считается высокозатратным с точки зрения вычислительных ресурсов и времени [8].

Выбор адекватной модели турбулентности крайне важен при постановке задачи, так как позволяет достоверно оценить аэродинамическое давление на поверхности подвижного состава и тоннельной обделки. Существует множество различных моделей турбулентности, каждая из которых обладает определенной допустимой областью применения. В 1993 г. Ф. Менгер разработал гибридную модель турбулентности SST (shear stress transport – перенос сдвиговых напряжений), комбинирующую модели «k-ε»

и «k-ω». Благодаря тому, что модель «k-ε» с высокой точностью описывает сдвиговые течения при удалении от поверхности, а модель «k-ω» – при моделировании пограничного слоя, в модели SST эффективно моделируются как пристеночные области, так и зоны, удаленные от стенки с переходом между ними посредством набора функций. Универсальность модели дает возможность ее применения для комплексных градиентных потоков, присущих движению поездов с высокими скоростями. Модель SST принята в данном исследовании.

Исследование и его результаты

Исследование включает в себя моделирование в CFD (computational fluid dynamics modeling – вычислительная гидродинамика) комплексах прохождения поездом тоннеля в виртуальной герметичной среде при различных начальных условиях: механических и геометрических параметрах системы.

Исходными данными являются геометрические параметры тоннеля и поезда – коэффициент блокирования (отношение площади поперечного сечения поезда к площади поперечного сечения тоннеля), коэффициент длины (отношение длины тоннеля к длине поезда), скорость движения поезда, аэродинамические характеристики среды (температура (T) 293 К, давление (p) 101325 Па, плотность (ρ) 1,204 кг/м³, кинематическая вязкость (ν) 1,5×10⁻⁵ м²/с, динамическая вязкость (η) 18,1 МПа·с). Элементы внеш-

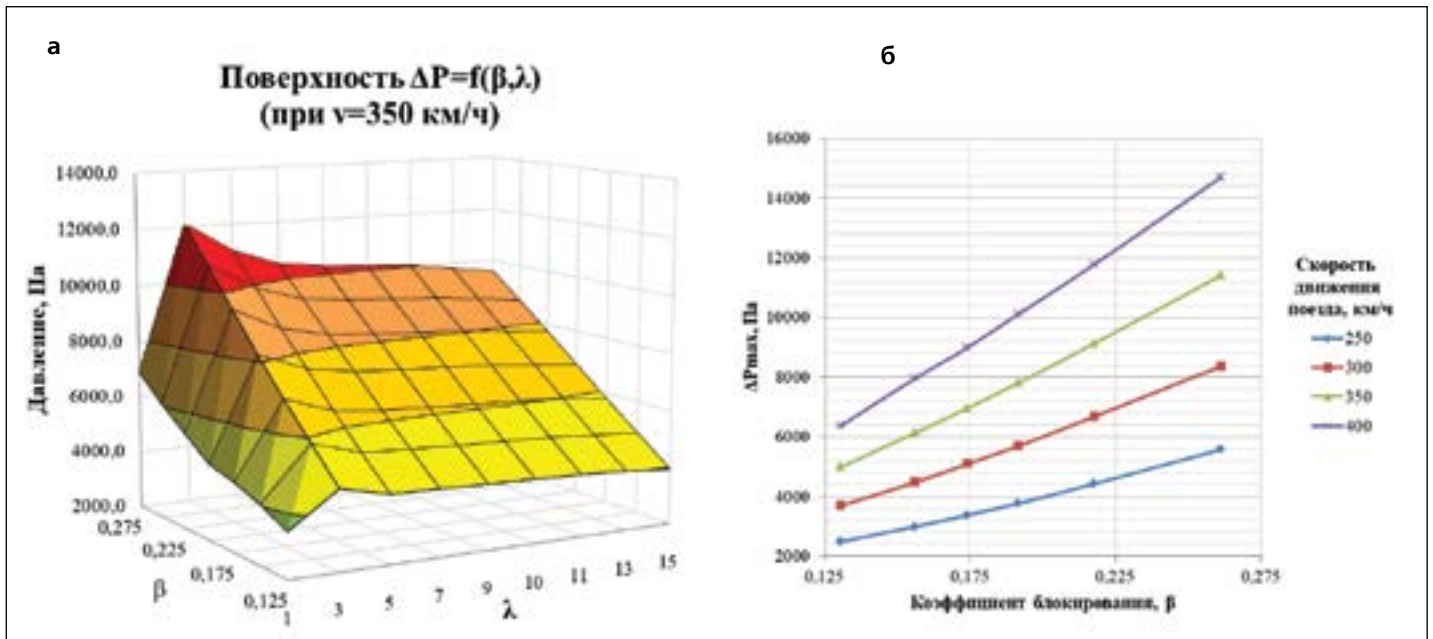


Рис. 4. Зависимость аэродинамического давления от коэффициента блокирования β : а – и коэффициента длины λ при скорости движения поезда 350 км/ч; б – при различных скоростях движения поезда и коэффициенте длины $\lambda = 3$

ней поверхности поезда – wall, элементы поверхности тоннеля – wall.

При моделировании подвижного состава за основу был взят эксплуатируемый в РФ ЭВС «Сапан» (эксплуатируется на скоростных и высокоскоростных магистралях Китая (CRH-3), Германии (ICE-3), Испании (AVE S-103), Великобритании (BRC-374)), (рис. 1) При этом моделирование предусматривало ряд упрощений конструкции поезда: пантограф и его конструкции, двери, подробности геометрической формы для сокращения расчетных элементов и времени расчета [9]. Исследуемый диапазон скорости движения поезда – 250–400 км/ч. Детальное определение шероховатости заданного объекта 5–10 мкм.

Однопутный железнодорожный тоннель представлен в виде конструкции кругового очертания, сооружаемой щитовым способом при внутреннем диаметре тоннеля от 9,0 до 12,5 м. Шероховатость обделки учитывается коэффициентом при расчете ($\mu = 10\text{--}100$ мкм). Основание жесткое, безбалластное, внутреннее оборудование и устройство минимизировано – имитируется утопленность в тело обделки толщиной 450 мм (цель исследования – проанализировать аэродинамические процессы и давление на обделку). Обоснованность модели тоннеля на ВСМ подтверждается аналогичными допущениями в работах [6, 10], с учётом последующей успешной верификации результатов, полученных при моделировании аэродинамического воздействия [7, 12], с результатами экспериментальных и натурных исследований зарубежных специалистов [6, 10, 11], что подтверждает адекватность применяемых моделей и расчетных методик.

Моделирование осуществлялось поэтапно, интервально; сетка разбита на подвижные и неподвижные элементы. Число Рейнольдса варьируется: например, $1,84 \times 10^7$ при ско-

рости 250 км/ч, $2,69 \times 10^7$ при скорости 350 км/ч. Размер сеточных элементов воздушной среды переменный – от 0,01 до 0,5 м с плавным сгущением в подвижной области. Задачи рассмотрены в нестационарной постановке, шаг по времени – 0,001–0,005 с.

Автоматизированное развитие пограничного слоя у поверхностей за счёт детальной дискретизации сетки и проработки пограничного слоя дает возможность предоставить детальную и точную картину распределения давлений, что оказывает влияние на величины аэродинамических воздействий. Определение пристеночных слоёв позволяет получить корректный градиент давлений, соответственно, достоверные величины аэродинамического давления.

Графические результаты представлены в виде эпюр аэродинамического давления, характеризующего формирование отдельных областей повышенного и пониженного давления (рис. 2). В исследовании были определены характерные зоны сжатия и разрежения, а также участки наиболее неравномерного проявления давления по длине движущегося поезда и тоннеля.

Определение траекторий воздушных потоков в различные моменты времени особенно эффективно по прогнозу пульсационных явлений, а также установления смены направлений потоков и траекторий их увлечения силами вязкого трения при высоких скоростях движения поездов. Такие проявления, как спиралевидные завихрения, создающие динамические пульсации, сопровождают движение поезда внутри тоннеля: при этом они начинают генерироваться ещё до момента интерференции тоннельных волн с волнами, отраженными от порталов (рис. 3).

Характерная спиралевидная форма движения воздушных масс – следствие сохранения импульса (напряжения пропорциональны

скорости деформации в рассматриваемом объеме). Спиралевидное формирование воздушных потоков устойчиво, способно поддерживать баланс внутренней энергии, может взаимодействовать с другими объемами. Взаимодействие двух противоположно направленных масс является вязким, таким образом возникает условие для образования вращательных движений воздуха.

Одним из недостатков существующих исследований является отсутствие при аэродинамических расчетах полноценного учета геометрических характеристик системы «тоннель – воздушная среда – поезд»: тоннельные волны давления многократно интерферируют по длине сооружения. В описываемой методике при расчете аэродинамического взаимодействия системы учитывается влияние как площади поперечного сечения тоннеля, так и его длины; по результатам были сформированы поверхности влияния, отражающие зависимость аэродинамического давления от геометрических характеристик системы при различных скоростях движения поезда (в качестве примера на рис. 4 приведена поверхность для скорости движения поезда 350 км/ч). Отмечено, например, что значение критерия безопасности, ограничивающее превышение давления 10 кПа, может быть превышено при движении поезда в однопутном тоннеле на ВСМ со скоростью 350 км/ч и более в диапазоне величин $\lambda = 2\text{--}7$ и $\beta = 0,234\text{--}0,265$. Таким образом, возможно определение области оптимальных технических характеристик системы «тоннель – воздушная среда – поезд», при которой для требуемых скоростей движения до 400 км/ч существуют допустимые величины геометрических параметров тоннеля, не приводящие к превышению аэродинамического давления 10 кПа. С достаточной точностью можно применять описанную методику для технических и ин-

женерных расчетов с целью определения оптимальных значений площади поперечно-го сечения тоннеля на ВСМ.

Поверхности давления позволяют полноценно оценить процесс изменения давления в зависимости от группы факторов, учесть одновременное влияние геометрических параметров системы на перепады давления. Рост коэффициента блокирования провоцирует увеличение давления, тогда как рост коэффициента длины приводит перепад давления к экстремуму, после чего происходит уменьшение давления, его стабилизация. В качестве характерной зависимости также приведен график влияния коэффициента блокирования на аэродинамическое давление при различной скорости движения поезда, тем самым показана степень взаимосвязи параметров системы (см. рис. 4).

Результаты исследований аэродинамических процессов в однопутных тоннелях на ВСМ подтверждают возможность прогноза аэродинамического состояния тоннелей при их проектировании и эксплуатации посредством применения методики моделирования аэродинамического взаимодействия.

Ключевые слова

Железнодорожные тоннели, высокоскоростные магистрали, высокоскоростной подвижной состав, аэродинамические расчеты, аэродинамическое давление, численное моделирование.

Railway tunnels, high-speed railways, high-

speed rolling stock, aerodynamic calculations, aerodynamic pressure, numerical simulation.

Список литературы

1. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учеб. пособие: в 2 т. И. П. Киселев и др.; под ред. И. П. Киселева. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2020.
2. Фролов Ю. С. Тоннели на высокоскоростных железнодорожных магистралях / Фролов Ю. С. // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2010. – № 1 (26). – С. 28–31.
3. Меркин В. Е. Аэродинамика движения высокоскоростных поездов в тоннеле: некоторые результаты проведенных в мире исследований / Меркин В. Е., Космин В. В. // Метро и тоннели. – 2021. – № 1. – С. 29–33.
4. СП 453.1325800.2019 «Сооружения искусственные высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства»
5. UIC code 779–9/R. Safety in Railway Tunnels. 1st edition, UIC, 2002. – 63 p.
6. Aerodynamics of railway train/tunnel system: A review of recent research / J. Niu, Y. Sui, Q. Yu, X. Cao, Y. Yuan // Energy and Built Environment. – 2020. – № 1 (4). – P. 351–375.
7. Mathematical modeling of aerodynamic processes in railway tunnels on high-speed railways / A Ledyayev, V. Kavkazskiy, Ya. Vatulin, V. Svitin, O. Shelgunov // E3S Web of Conferences.

- 157 (47). КТП-2019 – 2020. – P. 06017. – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015706017>
8. Лабутин, Н. А. Разработка численной модели аэродинамического взаимодействия высокоскоростного поезда, воздушной среды и объектов инфраструктуры / Н. А. Лабутин // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20. № 4 (101). – С. 6–16.
9. Aerodynamic Effects Produced by a High-Speed Train Traveling through a Tunnel Considering Different Car Numbers / J.-M. Du, Q. Fang, G. Wang, J. Wang, J.-Y. Li // Symmetry. – 2022. – №14 (3). – 479.
10. Three-dimensional characteristics of pressure waves induced by high-speed trains passing through tunnels / T. Wang, J. Chen, J. Wang, F. Shi, L. Zhang [et al.] // Acta Mechanica Sinica. – 2023. – №39 (5). – <https://doi.org/10.1007/s10409-023-23261-x>
11. Full-Scale Experimental Investigation of the Interaction between Trains and Tunnels / C. Somaschini, T. Argenti, E. Brambilla, D. Rocchi, P. Schito, G. Tomasini. // Applied Sciences – 2020. – № 10(20). – 7189.
12. Кавказский, В. Н. Исследование аэродинамики движения поезда в однопутных тоннелях на высокоскоростных железнодорожных магистралях / В. Н. Кавказский, О. О. Шелгунов // Транспортное строительство. – 2022. – № 4. – С. 37–40.

Для связи с автором

Шелгунов Олег Олегович
OShelgunov@imgt.ru



КНИЖНАЯ ПОЛКА

СЛОВАРЬ РУССКИХ И АНГЛИЙСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ АББРЕВИАТУР



В издательстве «Инфра-Инженерия» (<https://infra-e.ru/>) выпущен специальный словарь-справочник «Транспортные аббревиатуры. Русские и английские значения» (2024, 264 с., авторы-составители В. В. Космин, А. А. Космина и О. А. Космина). Словарь содержит около 4,9 тыс. русских и более 5,0 тыс. английских терминов и охватывает все виды транспорта (автомобильный, воздушный, водный (включая морской и речной), железнодорожный, трубопроводный) во всех аспектах создания и функционирования соответствующих транспортных объектов: изыскания, проектирование, эксплуатация, развитие, а также смежные вопросы: экономика, информационное обеспечение, взаимодействие видов транспорта и т. д. Материал словаря может быть полезен широкому кругу специалистов магистральных видов транспорта, студентам соответствующих высших и средних специальных учебных заведений, аспирантам, переводчикам в качестве справочника и как методическое пособие при формировании новых аббревиатур в текстах соответствующей тематики.

ТОННЕЛЬНАЯ ТЕМАТИКА НА XXVII ВСЕМИРНОМ ДОРОЖНОМ КОНГРЕССЕ

TUNNELLING AT THE XXVII WORLD ROAD CONGRESS

В. В. Космин, Российская академия транспорта

V. V. Kosmin, Russian Academy of Transport

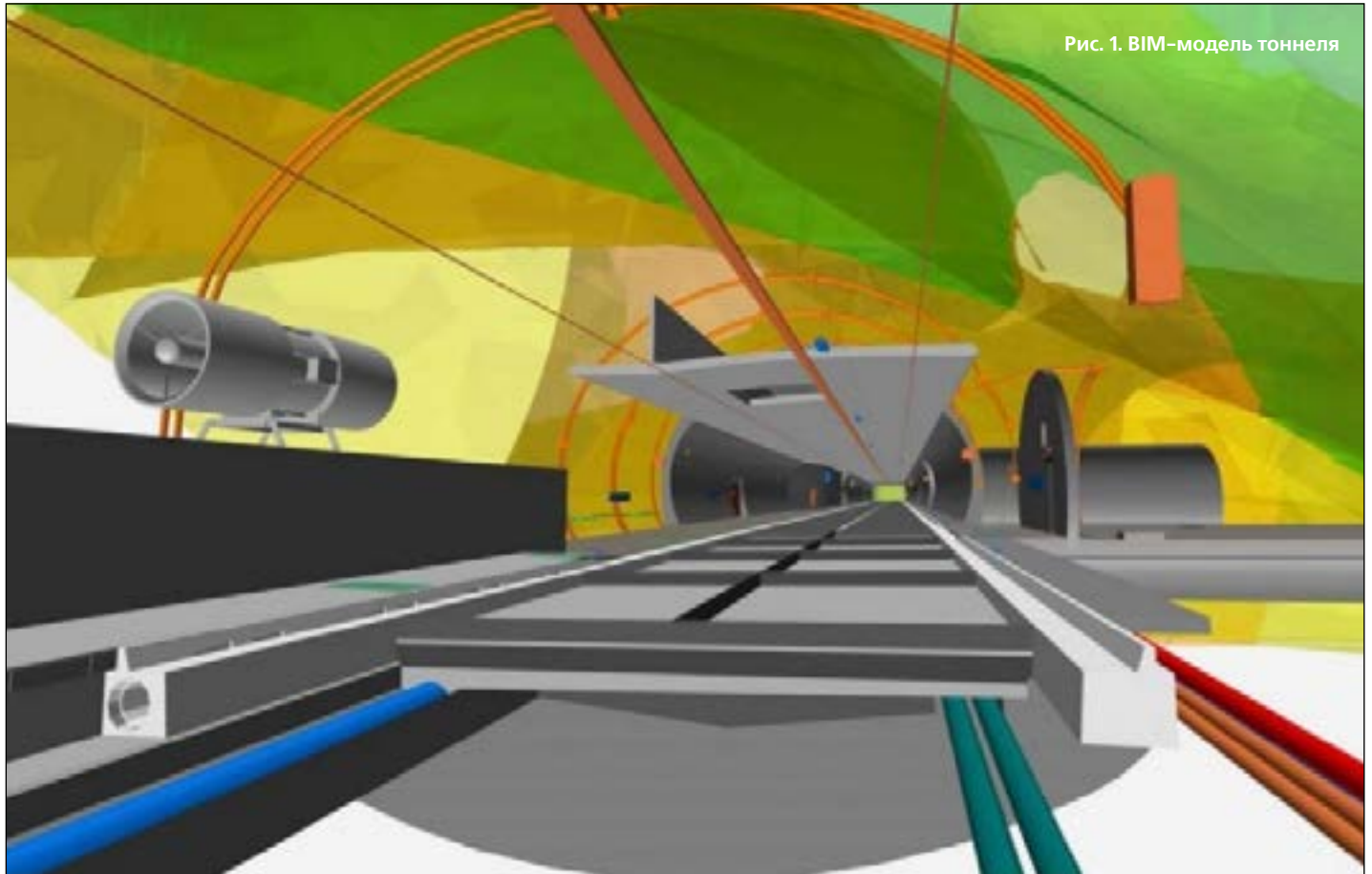


Рис. 1. BIM-модель тоннеля

Кратко охарактеризованы материалы, представленные на очередном Всемирном конгрессе 2023 г. и относящиеся к тоннельной тематике.

Publications presented at the 2023 World Road Congress related to tunnelling are summarised.

Состоявшийся в октябре 2023 г. в Праге (Чехия) очередной Всемирный дорожный конгресс собрал 38 представителей профильных министерств отдельных государств, более 4000 участников и 2000 студентов из 120 стран и охватил, как обычно, обширную тематику в области проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог и сооружений на них, в том числе автодорожных тоннелей. Были представлены отчетный доклад Технического комитета 4.4 «Тоннели» Постоянно действующей Международной ассоциации дорожных конгрессов (PIARC) и отдельные сообщения, в той или иной степени затрагивающие тоннельную тематику.

Тоннельный комитет 4.4, как обычно, в своем отчете о деятельности за период с предыдущего Всемирного дорожного конгресса (2020–2023 гг.) [1] отразил тоннельную тематику Стратегического плана

в области строительства и эксплуатации тоннелей на отчетное четырехлетие (повышение устойчивости тоннелей, управление городскими тоннелями с интенсивным движением, влияние транспортных средств с новыми источниками энергии на эксплуатацию и безопасность тоннелей, информационно-технические системы в тоннелях, переработка онлайн-Руководства по автодорожным тоннелям, обновление и совершенствование модели количественной оценки риска опасных грузов).

Основываясь на своей деятельности в течение отчетного рабочего цикла, ТК 4.4 сформулировал основные рекомендации для дорожных администраций и операторов дорог.

Устойчивость автодорожных тоннелей должна быть направлена на поддержание безопасной доступности тоннеля для движения в максимально возможной степени

посредством предотвращения и/или быстрого восстановления после разрушительных событий, а также адекватной адаптации к изменяющимся обстоятельствам, которые могут негативно повлиять на доступность. В идеале устойчивость должна учитываться уже на этапе планирования и проектирования тоннеля, чтобы иметь возможность реализовать технические меры (связанные с конструкцией и оборудованием).

Для повышения эффективности мероприятий по техническому обслуживанию тоннелей и оптимизации стоимости рабочего оборудования необходимо начинать с составления плана технического обслуживания непосредственно перед вводом оборудования в эксплуатацию. При разработке первоначального проекта городских тоннелей на дорогах с интенсивным движением надлежит обеспечивать безопасные геометрические параметры с целью ограничить

количество инцидентов (поломок, аварий и т. д.) и создавать необходимые условия для транспортных средств большой высоты и для ограничения грузоперевозок. Следует дополнять обычные меры безопасности мощной системой SCADA, включающей оперативную поддержку, интегрированное управление местным и глобальным движением, а также центр управления, который в идеале должен быть общим для различных участников.

Для достижения надлежащего сочетания

поток в тоннеле, и установить интерфейсы для получения этой информации как можно быстрее, чтобы иметь возможность своевременно реагировать на меры по снижению неблагоприятных воздействий.

В связи с рассмотрением имеющихся данных о рисках, связанных с пропуском движения в автодорожных тоннелях транспортных средств с новыми источниками энергии (электро-, газомобили), следует принимать меры по накоплению и детализации сведений о расширении парка таких

комплексную информационную модель общественного пространства, совместимую с информационными системами зданий (BIM-модель). Отмечается, что ярчайшим примером такого подхода являются тоннели, которые по своей сложности выступают не только важнейшим элементом транспортной сети, но и весьма технологически оснащенной системой, содержащей элементы собственной инфраструктуры, строительное и технологическое оборудование. Последующее цифровое моделирование и применение

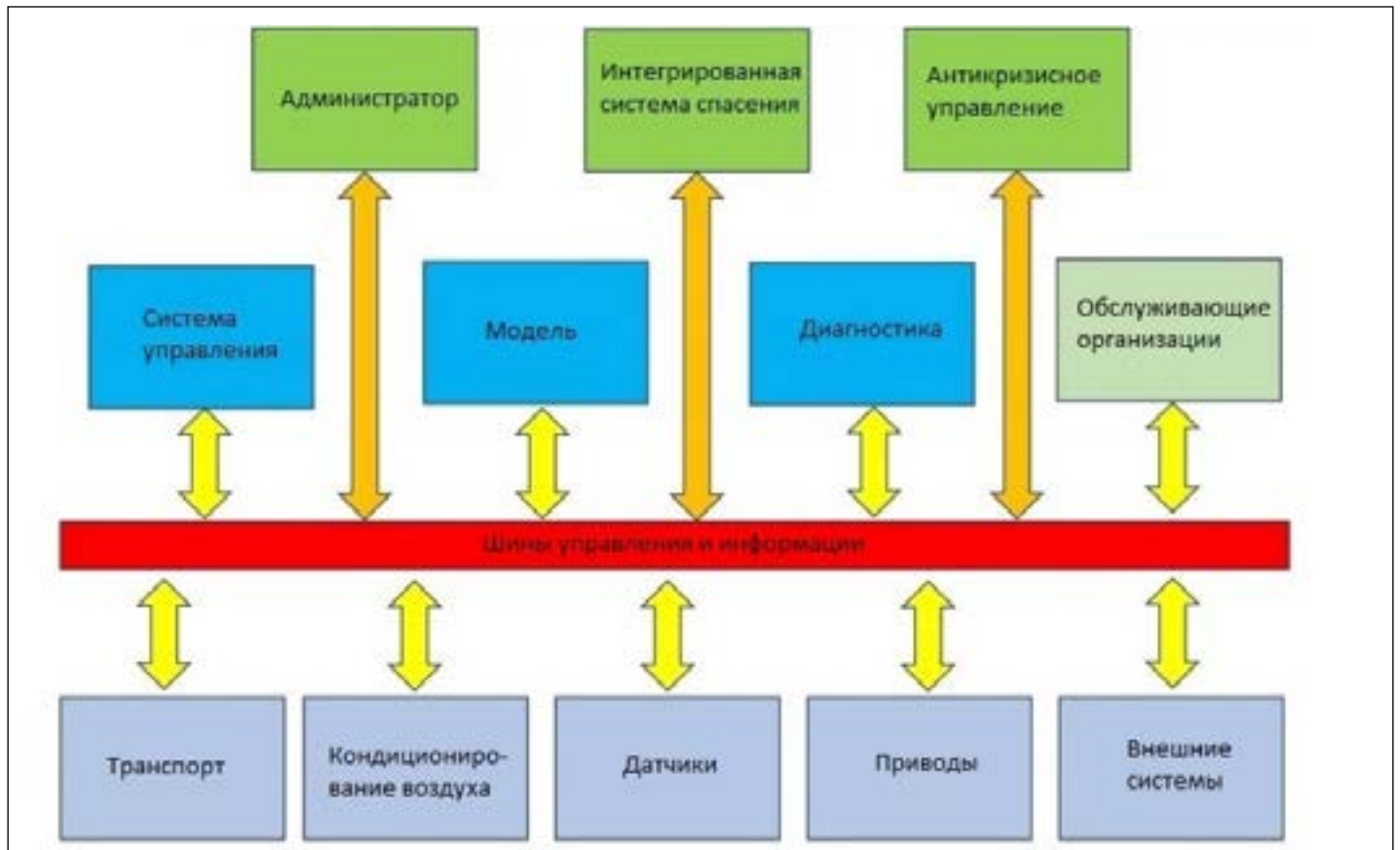


Рис. 2. Функциональная архитектура инженерной системы в тоннеле и системы диагностики

безопасности тоннелей и транспортных потоков на городской сети рекомендуется обеспечивать высокую интенсивность движения или даже перегруженность посредством достаточной вентиляции, короткими путями эвакуации, быстрым обнаружением и реагированием неблагоприятных ситуаций, работой патрулей и динамическими указателями; оценивать значимость конкретного тоннеля в городской дорожной сети и на этой основе предусматривать меры по смягчению последствий, когда движение в тоннеле должно быть ограничено из-за инцидентов или во время технического обслуживания (альтернативные маршруты, технические интерфейсы с другими системами управления движением, каналы связи и т. д.); выявлять условия или происшествия на прилегающих дорогах (например, дорожные работы, дорожно-транспортные происшествия, крупные события), которые могут негативно повлиять на транспортный

средств, в том числе с локализацией по городской территории (например, местные автобусные парки, транспортные средства местного муниципалитета, парки такси), расширить существующие требования к сбору данных о происшествиях на дорогах и в тоннелях (тип транспортного средства, конкретные явления, связанные с происшествиями), а также меры по идентификации таких транспортных средств, в том числе автоматическое обнаружение их системами управления/эксплуатации тоннелей, доступность официальной базы данных (регистрационные данные, считывание номерных знаков, связь автомобиля с инфраструктурой) для операторов тоннелей и служб быстрого реагирования, визуальные индикаторы для служб быстрого реагирования.

Отдельная публикация [2] посвящена подготовке цифровой технической карты и ее расширению за счет данных и информационных наборов, которые позволяют создать

BIM-технологий откроют путь к применению высокоэффективных моделей (рис. 1) на всех этапах жизненного цикла строительства и эксплуатации тоннелей.

Специальная публикация [3] посвящена использованию предиктивной диагностики и обслуживанию технологического оборудования и систем в тоннелях. На основе анализа данных и изменившихся условий оснащения городских и автодорожных тоннелей новыми технологиями интеллектуальных транспортных систем появляются новые методы выявления и размещения транспортных средств, а также эксплуатации уже существующих систем (вентиляции, пожарной сигнализации, дорожных знаков, систем управления), возрастает спектр требований вместе со спецификациями на техническое обслуживание и проверки тоннелей. Предиктивная диагностика применяется для обеспечения надежности данных и информации об оборудовании и, особен-

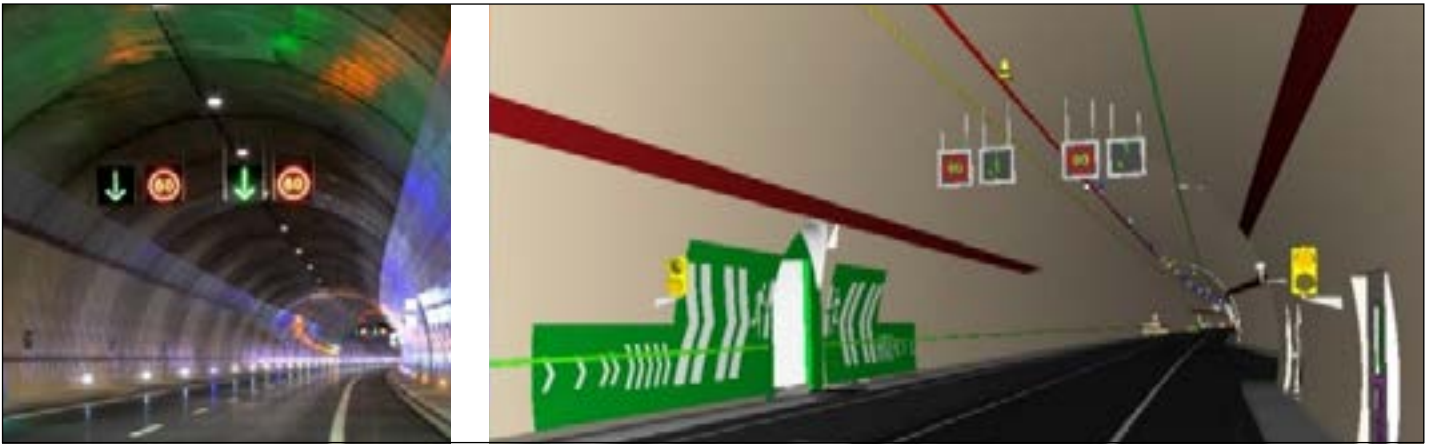


Рис. 3. Вид построенного тоннеля (слева) и его цифровой двойник (справа)



Рис. 4. Высокоэффективная система, оснащенная раздельным люксметром, установленным на высоте 30 см над уровнем проезжей части для оценки освещенности при максимальной скорости движения

но, о системах, установленных в тоннелях. Целью является эффективное и надежное техническое обслуживание с целенаправленными сервисными мероприятиями. Использование систем технического контроля, регулирования, защиты и управления тоннелем позволяет моделировать поведение системы, включая обнаружение неисправностей и аварийные сигналы. Анализируются различные входы, сбор данных, сочетание параметров и информации, а также методический подход к дополнительному предиктивному обслуживанию технологий автодорожных тоннелей на автомагистралях или городских дорогах (рис. 2).

Передовому опыту проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей с применением методологии BIM посвящена публикация [4] на примере тоннеля Кальдерас на автомагистрали А-23 в Испании. Описывается переход от аналоговой документации к трехмерной цифровой модели для каждого конструктивного элемента тоннеля и их сочетаний к цифровым двойникам, открывающий доступ к информации

всем причастным на этапах строительства и эксплуатации объекта (рис. 3).

В результате на основе объективной и непрерывно актуализированной информации появляется возможность повысить рентабельность инвестиций, ограничить риски роста стоимости и отклонения от сроков, сократить расходы на содержание и эксплуатацию в результате интеграции всех систем, оптимизации работы энергетических систем, энергопотребления в процессе эксплуатации и позволит проводить оценку на протяжении всего жизненного цикла.

Сопоставлению эффективности освещения в тоннелях и на открытых участках дорог посвящена публикация [5], описывающая динамическую систему такой оценки в отношении безопасности дорожного движения и в экономическом аспекте на примере испанской автомагистрали А-1. Оценка ведется динамическими (непрерывными) методами, проводимыми высокопроизводительными системами, способными оценивать яркость и освещенность на скорости движения без его остановки (рис. 4).

Описанное в публикации [6] проведенное мексиканскими исследователями сопоставление автодорожных тоннелей и глубоких выемок показало, что последние по стоимости примерно на 30 % дороже тоннелей и создают серьезные проблемы при последующей эксплуатации.

Список литературы

1. Activity report for the PIARC 2020 – 2023 work cycle. Technical committee 4.4 Tunnels. Ingo Kaundinya, Нйлэне Mongeot [et al.]. <https://proceedings-prague2023.piarc.org/en/identification.htm?back=%2Fressources%2Ffiles%2Fsource%2F1%2FTC4.4-Activity-Report-2023-07-31-EN.pdf> (Дата обращения: 22.01.2024).
2. Teichmann M., Szeligova N. & Faltejssek M. Information modelling in the built environment of settlements with a focus on the tunnel transportation system and related technical infrastructure/ <https://proceedings-prague2023.piarc.org/ressources/files/source/3/IP0071-Teichmann-E.pdf> (Дата обращения: 22.01.2024).
3. Tichy T., Broz J., Smerda T. & Belinova Z. Application of predictive maintenance in technological tunnel systems. <https://proceedings-prague2023.piarc.org/ressources/files/source/4/IP0080-Tichy-E.pdf> (Дата обращения: 22.01.2024).
4. Rafael Lypez Guarga. Buenas prácticas para el proyecto, construcción y explotación de un túnel mediante la metodología BIM. <https://proceedings-prague2023.piarc.org/ressources/files/source/4/IP0098-Lopez-S.pdf> (Дата обращения: 22.01.2024).
5. Perales A., Perandones J.M. & Molinero A. Dynamic assessment system for the luminance and illuminance in tunnels and open-air road sections. Practical case: A-1 Spanish Motorway. <https://proceedings-prague2023.piarc.org/ressources/files/source/3/IP0504-Perales-Garcia-E.pdf> (Дата обращения: 22.01.2024).
6. Morales Fernández V. & Suarez Fino F. Tunnels vs. cuts of considerable height. <https://proceedings-prague2023.piarc.org/ressources/files/source/1/IP0713-Morales-E.pdf> (Дата обращения: 22.01.2024).

Для связи с автором

Космин Владимир Витальевич
vvcosmin@mail.ru



МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО, СИСТЕМНОГО, ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

METHODOLOGY FOR THE FORMATION OF ANALYTICAL, SYSTEMIC, RESEARCH THINKING IN STUDENTS TO CREATE ADVANCED TECHNOLOGIES IN UNDERGROUND CONSTRUCTION

Я. В. Мельник, к. т. н., В. А. Черняева, к. т. н., Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
Y. V. Melnik, Ph.D., V. A. Chernyaeva, Ph.D., Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Railway Engineering

В продолжение статьи «Проблематика подготовки специализированных кадров в области подземного строительства» [1] рассматривается вопрос использования в подготовке специализированных кадров в области подземного строительства дополнительной образовательной программы по технологии «авторский класс», как один из способов ликвидации разницы в требованиях профессионального стандарта и реальными требованиями работодателей к компетенциям выпускника.

In continuation of the article «Problems of training specialized personnel in the field of underground construction» [1], the article considers the issue of using an additional educational program in the field of «author's class» technology in the training of specialized personnel in the field of underground construction, as one of the ways to eliminate the difference in the requirements of the professional standard and the real requirements of employers to the competencies of the graduate.

Сегодняшний выпускник, вливающийся в ряды специалистов, сталкивается с комплексной проблемой освоения подземного пространства, состоящей из многих законодательных, научных, инженерных и организационных задач. Современный подход к решению этих задач требует от молодого специалиста не только высокого уровня профессиональных базовых знаний, учитывающих требования работодателя, но и развития социально-психологических качеств, дающих возможность усовершенствовать оборудование, использовать и создавать инновационные материалы и внедрять прогрессивные технологии в подземном строительстве.

Исследователи из Гарвардского университета отмечают, что успех в работе только на 15 % зависит от профессиональных компетенций. Остальные 85 % – от социально-психологических качеств, в частности типа мышления личности.

Ключевые характеристики мышления, необходимого для создания прогрессивных технологий («прогрессивное» мышление): принятие управленческих решений на основе аналитики (аналитическое мышление); видение образа результата и пути достижения (системное мышление); создание нового, креативность (исследовательское мышление).

Рассмотрим методологию формирования каждой характеристики.

Принятие управленческих решений на основе аналитики (аналитическое мышление)

Актуальная задача подготовки специ-

алистов – формирование компетенций, позволяющих обеспечить динамичный рост и инновационное развитие. Современный специалист любого уровня обязан понимать возможности прогрессивных технологий, видеть потенциал их применения как для себя, так и для компании, обладать высокой аналитической культурой. Развитие аналитического мышления с формированием навыка для принятия управленческих решений возможно с помощью реализации дополнительных образовательных программ по технологии «авторский класс».

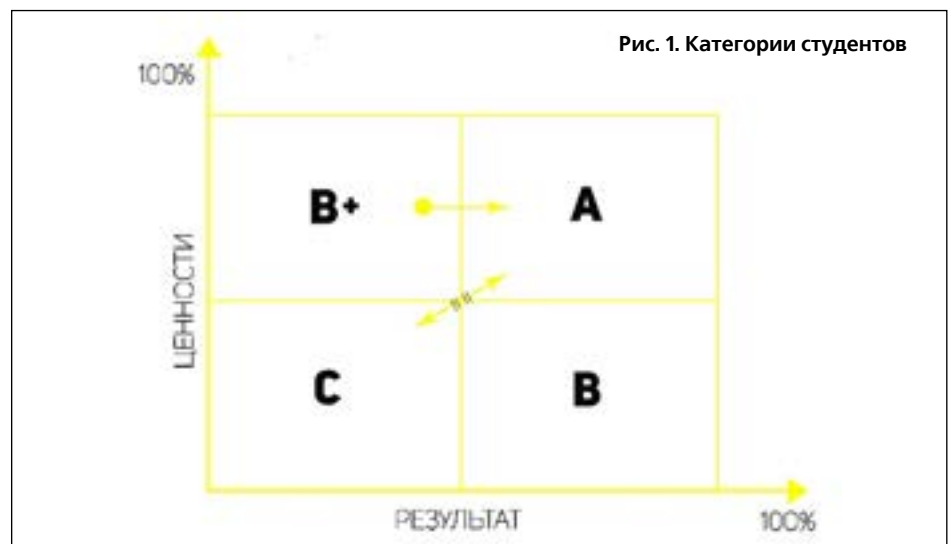
Основные модули данной программы должны содержать базовые профессиональные дисциплины в области бизнеса и менеджмента, дисциплины, как посвящен-

ные технологиям стратегического прорыва в управлении, так и дисциплины, направленные на формирование компетенций в области психологии в управлении бизнесом.

Особое место в образовательной программе должен занимать блок, изучающий математику, как инструмент выявления структурных взаимосвязей бизнеса и технологий, как основу методологии поддержки принятия управленческих решений [2].

Видение образа результата и пути достижения (системное мышление)

Студенту, специалисту для создания целостного объемного представления об объекте необходима не простая интеграция знаний, накопленных разными науками,



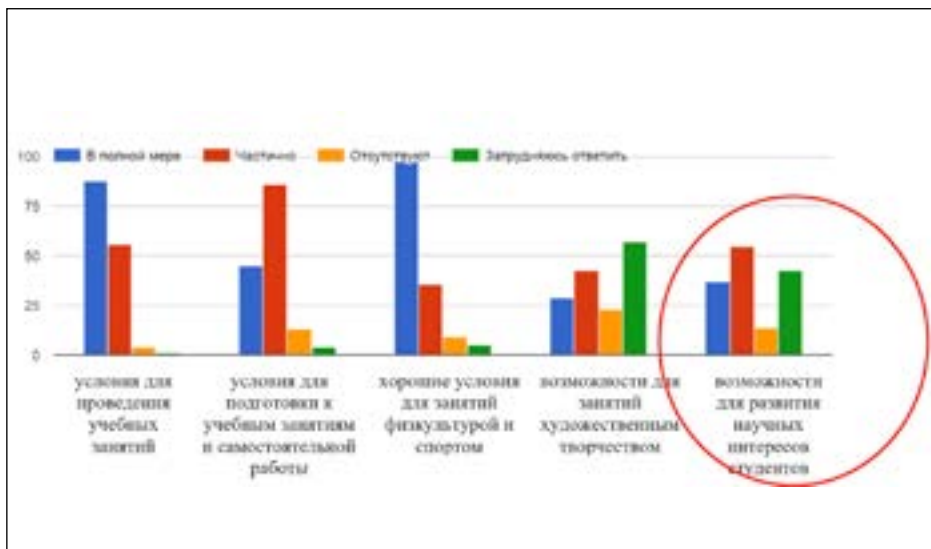


Рис. 2. Результаты ответа студентов на вопрос: «Как Вы считаете, созданы ли в образовательной организации условия для...?» (по оси x указано количество опрошенных студентов)

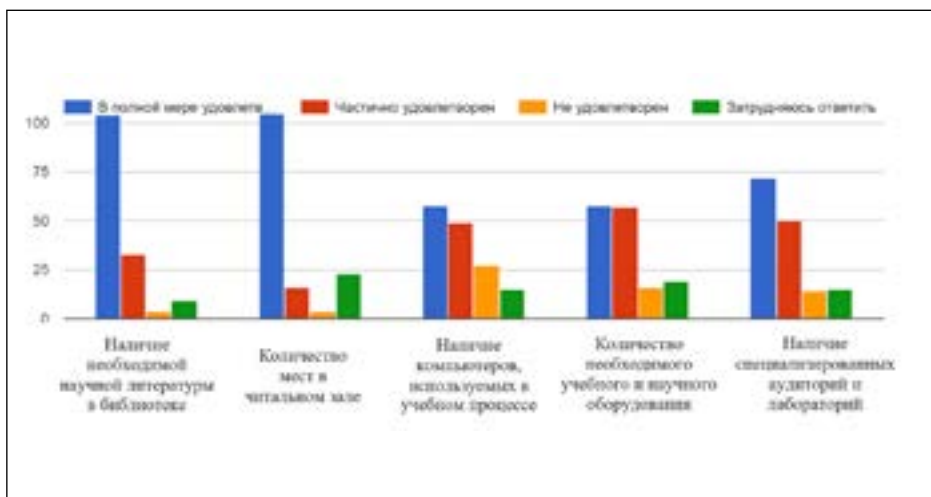


Рис. 3. Результаты ответа студентов на вопрос: «Как бы Вы оценили следующие параметры материального обеспечения образовательного процесса по Вашей специальности (направлению)?» (по оси x указано количество опрошенных студентов)

а умение рассматривать их и применять как комплекс, как систему [3].

Образовательные технологии и методы обучения, применяемые в учебном процессе, должны формировать у студентов:

- способность видеть результат действий, принимаемых управленческих, организационных, конструктивных, технологических решений;
- способность фокусироваться на результате работы системы в целом, а не на отдельных ее элементах при принятии различного рода решений;
- умение анализировать ситуации, то есть устанавливать причинно-следственные связи, обнаруживать скрытые зависимости и связи, а также интегрировать и синтезировать информацию, то есть умение организовывать информацию и делать выводы.

Создание нового, креативность (исследовательское мышление)

Хочется отметить, что согласно теории потребностей А. Маслоу [4] потребности (ценности) в развитии, росте, исследованиях заложены в каждой личности. Но для rea-

лизации данного потенциала необходимо обеспечить некоторые условия.

Рассмотрим категории студентов с точки зрения проявления у них вышеуказанных потребностей (ценностей) и наличия необходимых условий, чтобы потенциал в исследованиях, развитии, обучении, создании нового мог реализоваться в новые, прогрессивные технологии. Обратимся к данным, представленным на рис. 1.

Категория студентов А: ценность в исследованиях, развитии, обучении, создании нового выражена на 100 %, созданы условия для реализации данного потенциала.

Категория В+: ценность в исследованиях, развитии, обучении, создании нового выражена на 100 %, но условия для реализации данного потенциала ограничены.

Категория В: ценность в исследованиях, развитии, обучении, создании нового выражена слабо, в системе ценностей человека преобладают другие: стабильность, безопасность, принятие определенным сообществом и пр. В таком случае достигнуть максимального результата можно, создавая дополни-

тельную мотивацию, как внутреннюю, так и внешнюю, в зависимости от преобладающих ценностей. Как исследования, развитие, обучение, создание нового повлияет на стабильность, безопасность, принятие определенным сообществом?

Категория С: ценность в исследованиях, развитии, обучении, создании нового выражена слабо, в системе ценностей человека преобладают другие, внутренняя и внешняя мотивация не увеличивает результативность.

На рис. 2 и 3 приведены результаты опроса студентов в отношении условий для реализации исследовательского (научного) потенциала в образовательной организации:

- 25 % опрошенных студентов считают, что они созданы в полной мере;
- 35 % считают, что они созданы частично;
- 31 % затрудняются их оценить;
- 8 % считают, что они отсутствуют.

Сопоставив результаты опроса и классификацию, представленную на рис. 1:

- 25 % студентов можно отнести к категории А;
- 35 % студентов – к категории В+;
- 31 % студентов – к категории С;
- 8 % – к категории С и (или) В.

Более 60 % из опрошенных студентов имеют необходимые социально-психологические качества, соответствующие исследовательскому мышлению (анализ проведен на основе общей оценки студентами условий для возможности развития научных интересов).

На рис. 4 приведены результаты опроса студентов на вопрос: «Насколько психологический климат в образовательной организации благоприятен для развития творческих способностей студентов?».

Указанный фактор оказывает значительное влияние на результаты исследовательской деятельности (известно, что качество и количество достижений человека на 80 % зависят от качества взаимоотношений с другими людьми в данной сфере жизни).

Менее 50 % студентов оценили психологический климат в образовательной организации как благоприятный для развития творческих способностей.

С учетом вышесказанного, можно предложить ряд решений для увеличения доли студентов, реализующих свой исследовательский потенциал:

- выявление и удовлетворение потребностей студентов в части создания необходимых условий для развития научных интересов;
- создание благоприятного психологического климата в образовательной организации для развития творческих способностей студентов.

Что мешает создавать новое?

Эффект Даннинга-Крюгера [5]

«Пик глупости» – человек думает, что знает всё (студент-выпускник).

«Долина отчаяния» – человек понимает, что ничего не знает (молодой специалист). Поворотная точка развития: человек видит



Рис. 4. Результаты ответа студентов на вопрос: «Насколько психологический климат в образовательной организации благоприятен для развития творческих способностей студентов?»

объём работы и принимает решение – отказать от цели (сменить род деятельности) или составить план движения к ней (дополнительное обучение, приобретение нового опыта деятельности).

«Склон просветления» – у человека постепенно накапливается достаточно знаний, чтобы применить их на практике.

«Плато стабильности» – человек превращается в квалифицированного специалиста и уверен в своих знаниях.

Закливание на стадии «Пик глупости» или «Долина отчаяния» является препятствием для создания и внедрения новых технологий.

Страх неопределенности

Внедрение нового связано со страхом неопределенности и неудач. Управление данным страхом возможно за счет приобретения нового опыта: опыт – опыт – успех.

Конфликт потребностей

- Внедрение нового вызывает внутренний конфликт следующих потребностей человека.
- Безопасность, стабильность (страх потерять то, что уже есть; стремление сохранить приобретенное).
- Значимость (страх потерять в случае неудачи; стремление сохранить ее среди окружения).
- Разнообразии (стремление получать новые ощущения).
- Рост (стремление к собственным изменениям, улучшениям).
- Управление данным конфликтом возможно за счет создания дополнительной внутренней и внешней мотивации для усиления

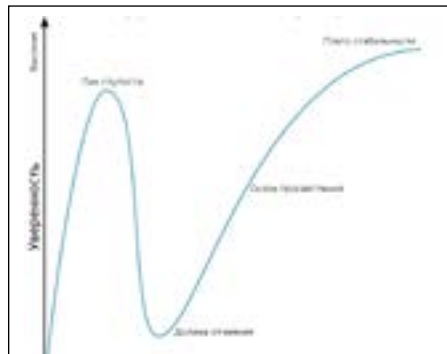


Рис. 5. Эффект Даннинга-Крюгера

- умение анализировать ситуации, то есть устанавливать причинно-следственные связи, обнаруживать скрытые зависимости и связи;
 - умение интегрировать и синтезировать информацию, то есть умение ее организовывать и делать выводы.
3. Создание системы мотивации для усиления потребностей в росте и разнообразии, улучшение условий для реализации студентами ценностей в исследованиях, развитии, обучении, создании нового.
 4. Создание системы обучения и развитие

Таблица

Роль преподавателя	Ключевая задача преподавателя
Спонсор	Вклад в идентичность, самоопределение
Ментор	Мотивация и познание студентом своих ценностей
Учитель	Раскрытие способностей
Тренер	Тренировка навыка
Лектор	Передача информации

потребностей в росте и разнообразии.

Система обучения, максимально способствующая успешному преодолению вышеуказанных проблем, должна включать в себя определенные уровни (табл.).

Ключевые роли преподавателя, максимально способствующие реализации человеком ценностей в исследованиях, развитии, обучении, создании нового: учитель, ментор, спонсор. При этом следует отметить важность создания базы профессиональных знаний для развития: получение достаточной фундаментальной информации и тренировка навыков.

Заключение

Ключевыми факторами в подготовке студентов, обладающих способностями для создания прогрессивных технологий в подземном строительстве, являются следующие.

1. Развитие аналитического, системного, исследовательского (творческого) мышления у студентов, в том числе с помощью реализации дополнительных образовательных программ по технологии «авторский класс».
2. Внедрение в учебный процесс образовательных технологий и методов обучения, которые сформируют у студентов:
 - способность видеть результат действий, принимаемых управленческих, организационных, конструктивных, технологических решений;
 - способность фокусироваться на результате работы системы в целом, а не отдельных ее элементах при принятии различного рода решений;

ключевых ролей преподавателя, максимально способствующих реализации человеком ценностей в исследованиях, развитии, обучении, создании нового: учитель, ментор, спонсор.

Список литературы

1. Мельник Я. В., Черняева В. А. Проблематика подготовки специализированных кадров в области подземного строительства // Метро и тоннели. – 2022. – № 4, с. 42–43.
2. Бизнес-анализ деятельности организации: Учебник / Л. Н. Усенко, Ю. Г. Чернышева, Л. В. Гончарова; Под ред. Л. Н. Усенко – М:Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 560 с.: ил.; 60x90 1/16 ISBN 978-5-98281-358-9/
3. О'Коннор Дж. Искусство системного мышления: Необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем /Джозеф О'Коннор и Иан Макдермотт. М., 2006.
4. Маслоу А. Г. Мотивация и личность / Маслоу Абрахам Гарольд; Maslow Abraham Harold; перевод с английского А. М. Татлыбаевой; научный редактор, вступительная статья Н. Н. Акулиной. – Санкт-Петербург: Евразия, 1999. – 480 с. – Библиогр.: с. 448–472. – Коммент.: с. 444–447. – Прил. – ISBN 5-80710016-6.
5. Сломан С., Фернбах Ф. Иллюзия знания. Почему мы никогда не думаем в одиночестве; пер. с англ. М.: КоЛибри, ООО «Издательская Группа «АзбукаАттикус», 2017. 336 с.

Для связи с авторами

Мельник Яна Владленовна
melnik-yana@yandex.ru



ВОСПОМИНАНИЯ УЧАСТНИКА ЛИКВИДАЦИИ АВАРИИ НА ЧАЭС В 1986 ГОДУ

В. Н. Пархоменко, бывший главный инженер проектов Специального проектно-изыскательского института «Гидроспецпроект»



Приведены воспоминания Вячеслава Николаевича Пархоменко, ветерана-гидростроителя, почётного строителя топливно-энергетического комплекса РФ, участника ликвидации аварии на ЧАЭС в 1986 г. Автор описывает обстановку, в которой проводились работы, а также упоминает множество деталей, которые до сих пор слабо отражены в литературе и печати или вовсе не публиковались. Рассказывается о роли инженеров и проектировщиков, которые, в прямом смысле этих слов, рискуя здоровьем и жизнью, выполняли задачи, поставленные штабом ликвидации аварии. Также упоминаются некоторые выдающиеся деятели науки и техники, с которыми автор статьи встречался в ходе рассматриваемых событий. Уделено внимание и коллегам автора, имена которых неизвестны широкому кругу специалистов, но которые выполняли важные задачи при ликвидации аварии. Воспоминания будут полезны специалистам и широкому кругу читателей, интересующихся вопросами истории и безопасности.

Каждый год в мае многие вспоминают о Чернобыльской катастрофе, которая случилась почти 40 лет назад. Будучи участником ликвидации этой аварии, считаю, что воспоминания очевидца тех событий, в деталях оставшиеся в памяти вследствие масштаба этой ядерной трагедии XX века, могут быть полезны и интересны читателям.

Работая в институте «Гидроспецпроект» с 1967 г., пройдя путь до начальника мастерской по проектированию тоннелей и подземных сооружений, я принимал участие во многих проектах, связанных со строительством энергетических сооружений (в основном гидротехнических) в СССР, России и за рубежом. В период 1960-х – 1980-х гг. для энергетического строительства в СССР характерно интенсивное освоение водных ресурсов: строительство больших плотин с высоконапорным фронтом верхнего бьефа и сложной компоновкой основных сооружений, в том числе и в подземном исполнении, что вызвало необходимость повышения надёжности гидросооружений проведением комплекса специальных видов работ (создание противодиффузионных сооружений и завес, водопонижительных и дренажных систем, выполнения значительных объемов скальной выемки котлованов буровзрывным способом и строительство подземных гидротехнических комплексов). С этой целью в пятидесятых годах прошлого века в системе Минэнерго СССР в составе Главвостокгидроэнергостроя был создан трест «Гидроспецстрой». Проектирование конструкций и специальных работ выполнялось специализированной конторой «Гидроспецпроект». Проектный институт, в котором я работал, очень хорошо себя зарекомендовал, так как в годы технического перелома, на которые пришлось начало его работы, смог успешно реализовывать множество проектов, одновременно внедряя в практику новые методы строительства подземных сооружений. Этим и было обусловлено участие института в ликвидации аварии на ЧАЭС.

Очень скоро после аварии, 9 мая 1986 г., группа специалистов института «Гидроспецпроект», в состав которой был включен и я, рано утром вылетела из подмосковного аэропорта Жуковский в г. Киев. Участие нашего проектного института было вызвано решением о сооружении

дополнительной защитной плиты под существующей фундаментной плитой разрушенного 4-го энергоблока и строительством защитных противодиффузионных ограждений. Для этого предусматривалась проходка тоннеля и штолен горным способом, которые уже практически начали сооружать донецкие шахтёры. Нашей группе была поставлена конкретная задача: обосновать технические условия для сооружения штолен по данным инженерно-геологических изысканий.

На дворе стояли весенние, праздничные дни: цветущие сады, неповторимая красота природы, и только серьёзность и масштабы случившейся беды никак не укладывались в сознании по дороге от аэропорта Борисполь до города Чернобыль. При въезде в 30-километровую зону отчуждения, при виде обезлюдивших сёл и хуторов, появилось тревожное настроение.

Правительственной комиссией в первых числах мая было принято решение о подведении под основание 4-го энергоблока дополнительной бетонной плиты с системой водяного охлаждения взамен изначально запланированной системы скважинного охлаждения днища реактора жидким азотом, которая была небезопасна для продолжительного действия в зоне радиоактивного заражения с уровнем радиации 6–10 Р/ч. Следует сказать, что после 9-го мая в результате проведённых комплексных мер по локализации верхнего развала реакторной зоны засыпкой путём сброса с вертолётов свинца, глины, доломита, песка, соединений бора активность выбросов из разрушенной реакторной зоны резко (на два порядка) снизилась, наблюдалось и значительное снижение температуры в зоне разрушенного энергоблока, что позволило принять такое оптимальное решение.

В тот же день, 9-го мая, материалы по геологическому обоснованию проходки были переданы в группу рабочего проектирования на ЧАЭС «Гидропроект», а в конце дня в штабе ЛПА (так назывался штаб ликвидации последствий аварии) состоялась встреча с заместителем начальника в/о «Гидроспецстрой» Хейфецем Виктором Бернардовичем. Он только что вернулся в г. Чернобыль с площадки АЭС (примерно 14–15 км до г. Припять), где участвовал в поездке на БТР в составе группы радиационного контроля местности с целью определения условий работы

специалистов объединения и строительных управлений по ликвидации последствий аварии. В первую очередь это относилось к устройству надёжной противодиффузионной завесы, в дополнение к выполненной обваловке канала и пруда охладителя и устройству возвратной дренажной системы, препятствующей стоку загрязнённых поверхностных и грунтовых вод в р. Припять и возможному распространению радиации на Киевское водохранилище. Виктор Бернардович сообщил, что в районе станции в зависимости от удалённости от разрушенного 4-го энергоблока уровень радиации на местности составлял от 4 до 300 Р/ч и распределялся неравномерно, у стенок трансформаторов – до 15 Р/ч. Рядом со стенами и на крыше реакторного блока № 3 по данным радиационной разведки – до 1800 Р/ч (от скопления выбросов ядерного топлива, обломков ТВЭЛов и графитовой кладки).

По пути в городскую гостиницу мы интересовались у военнослужащих химвойск, какой уровень радиации в г. Чернобыль. Дозиметристы сказали, что по данным замеров на улице излучающая радиация постоянно меняется и составляет от 50 до 150 мР/ч. Посоветовали обязательно выполнить влажную уборку помещения, включая стены, чем мы и занялись сразу же при заселении в гостиничный номер.

Первое посещение ЧАЭС было скоротечным: уточнив характеристики грунтов (прежде всего) и другие параметры, определяющие технические решения по проходке, через два дня мы возвратились в Москву. На обратном пути, проезжая через покинутые жителями сёла и хутора в пределах 30-километровой зоны отчуждения, было горестно наблюдать картины исчезающей жизни: на дорогу по пути следования выходили брошенные домашние животные: кошки, собаки, козы, свиньи с тоскливыми глазами, полными ужаса от непонятной опасности. И это показывало только часть трагедии, если вспомнить какие бедствия и лишения достались людям.

Вскоре, уже 14 мая вместе с начальником строительной лаборатории института, В. М. Королёвым, мы вылетели из Москвы в Киев с очередными задачами. На борту самолёта находились члены правительственной комиссии, входящие в штаб по ликвидации аварии. Особенно запомнилась поразительная простота, доступность и уверенность вице-президента АН

СССР академика Е. П. Велихова. И это проявлялось в условиях жесточайшего дефицита времени и необходимости принимать ответственные и сложные решения, убеждая при этом в правильности действий всех оппонентов, включая и своего шефа, президента АН СССР академика А. П. Александрова. На борту самолёта в спокойной обстановке было начато обсуждение вопросов по бетонированию плиты под днищем фундамента 4-го энергоблока: состав жаропрочного бетона, характеристики графитового заполнения регистров охлаждения. В полете состоялось обсуждение, какой тип графита использовать: крупную дробь или порошок. Конечно, ученые-физики настаивали на использовании порошкового графита в связи с его лучшей поглощающей способностью. Но мы, учитывая, что порошок графит может создать запыленность в горной выработке, отдавали предпочтение графиту более крупных размеров.

Отдельный и очень важный вопрос, к которому я имел непосредственное отношение – это технология бетонирования защитной плиты, включая и состав жаропрочного бетона, материалы по которому были ранее получены нами в институте «Оргэнергострой» и в НИИЖБе. Эти материалы мы передали главному инженеру в/о «Союзгидроспецстрой» М. Н. Розину для организации производства бетонной смеси в Вышгороде и доставки на площадку АЭС. Объединению «Союзгидроспецстрой» Минэнерго СССР было поручено бетонирование защитной плиты. Тоннельному отделу института «Гидроспецпроект» в составе Чернобыльской ГРП было необходимо в оперативном режиме выполнить проект по бетонированию плиты 30×30 м размером в плане, толщиной 2,5 м под днищем реакторного отделения и вести техническое сопровождение строительных работ: осуществление оперативного проектирования, контроля, авторского надзора и приёмку блоков бетонирования.

15 мая я впервые прибыл непосредственно в здание Чернобыльской АЭС с хорошо видимыми разрушениями в зоне 4-го энергоблока. Впечатления гнетущие, двойственные и трудно передаваемые. Оформление пропуска для входа на станцию и выполнения ликвидационных работ происходило в бункере бомбоубежища при строгой процедуре контроля. Там же имел место следующий диалог с сотрудником госбезопасности, оформлявшим пропуск:

- Ваша должность?
- Главный инженер проекта.
- Какая организация?
- Гидроспецпроект.
- Гидропроект?! Арестовать немедленно!

После долгих объяснений мне и коллегам удалось втолковать сотруднику КГБ, что он путает названия организаций и поводов для ареста нет. Стоит пояснить, что институт «Гидропроект» был одним из разработчиков проекта ЧАЭС, видимо поэтому, из-за похожих на слух названий организаций, в отношении меня было проявлено дополнительное внимание. Все это дает понять, какая напряженная обстановка была в те дни после аварии. Тем временем шахтеры уже закончили проходку подходного тоннеля и приступили к выемке грунта подфундаментного пространства захватками шириной по 1,5 м по обе стороны рассечки (центральной штольни – прим. автора), проходящей в центральной части плиты. Бетонирование плиты, после монтажа регистров охлаждения, установки арматуры и системы датчиков температурного контроля, а также

трубопроводов для заполнительной цементации контакта фундаментной и подфундаментной плит, производилось захватками шириной по 3 м. При этом ширина неподкрепленной части фундамента аварийного реактора находилась в пределах 4,5 м. После бетонирования одной захватки шириной 3 м выполнялась проходка в грунте ещё двух захваток по 1,5 м. Это правило проходчиками нередко нарушалось. В случае перегруза опорных стоек крепи, для исключения риска осадок, начальник Таджикского СУ «Гидроспецстрой» В. М. Башмаков, после моего доклада, обоснованно был вынужден сдерживать героический темп шахтёров.

Устройство опалубки отдельных блоков осложнялось необходимостью пропуска арматуры и многочисленных трубопроводов, что затрудняло применение инвентарных щитов. Поэтому было принято решение применить несъемную сетчатую опалубку, широко апробованную при бетонировании внутренних конструкций агрегатных блоков в гидротехническом строительстве. Стесненные условия в блоках бетонирования требовали укладки бетонной смеси без вибрирования, поэтому применялся литой бетон с осадкой конуса 22–24 см. Рецептура бетонной смеси была разработана ранее институтом «Оргэнергострой» и закладывалась в проектных решениях СПИИ «Гидроспецпроект» при заполнении затрубного пространства турбинных водоводов и массивных пробок при строительстве подземных гидрозлектростанций. Бетонную смесь приготавливали в г. Вышгород (пригород г. Киева) и после перегрузки в п. Копачи в «грязные» автобетоносмесители доставляли к бетононасосам фирмы «Путцмайстер» и фирмы «Швинг», установленных на поверхности у устья подходной штольни на расстоянии около 200 м от блоков бетонирования. Для защиты специалистов СУ «Высотспецстрой» над зоной размещения бетононасоса по нашему проекту было сооружено два здания из фундаментных блоков, обшитых свинцовым листом. Следует сказать, что в начальный период по проходке штолен, рассечек и бетонирования блоков подфундаментной плиты уровни радиации на открытой площадке работ были довольно высокие в пределах 3–5 Р/ч, и смены проходчиков доставлялись в бронеавтомобилях. Нам для того, чтобы попать в штольню и под плиту, необходимо было пробежать открытый участок пристанционной площадки в северном направлении до портала штольни. При этом всё облачение из комплекта защиты составляли лишь респиратор, спендежда и головной убор. А для обеспечения нормальных условий подземных работ в стесненных условиях и с повышенным тепловыделением была задействована вентиляция с очисткой и воздухоохлаждением, что снижало уровень радиационной опасности в разы – до 20–50 мР/ч. Так что свою норму допустимой дозы 20 бэр я за восемь инспекций в течение 15 суток почти выбрал.

Таким образом, достаточно оперативно и в короткие сроки была организована работа специалистов нашего института, направленных в Чернобыль. Ежедневно мы приезжали на ЧАЭС из поселка Рыбинспекция, расположенного в нескольких километрах от г. Припяты. Затем нас разместили в г. Чернобыль, ГРП работала в здании местной школы, питались мы в столовой и, учитывая обстановку, можно сказать, что были созданы все необходимые условия для работы.

Работать приходилось сверхинтенсивно, объем деятельности был большой. Помимо

самого проекта защитной плиты под реактором, нам было поручено проектирование защитных укрытий для размещения оборудования (инъекционных насосов и т. п.) и сотрудников, обслуживавших его. Некоторые из них, из-за длительного нахождения на поверхности под воздействием радиации, подорвали здоровье и скоро ушли из жизни, например, мой коллега Онищенко Леонид Миронович, управлявший работой инъекционных насосов.

И обязательно следует сказать про героический, самоотверженный труд специальных бригад военнослужащих, занятых сбором обломков и выбросов с огромным уровнем радиации на крыше разрушенного энергоблока и на местности вокруг него. Именно благодаря им основная команда ликвидаторов осталась жить. Хотя многие и ушли из жизни преждевременно, раньше времени. Все они нам известны, назову тех, кто непосредственно был рядом: Хейфец В. Б., Онищенко Л. М., Нагапетян А. С., Власов С. Н., Крохалёв Б. Г., Яковлев В. Н., Киселев В. Н., Дмитриев Н. Д., Розин М. Н., Чертыков Ю. Д. и другие, лица которых запомнились на всю жизнь. По окончании своей работы спустя 15 дней я возвращался домой. Примечательная встреча произошла на обратном пути в Киеве 28 мая. С Александром Бунтманом, начальником отдела водопонижения Гидроспецпроекта, несмотря на поздний час, около полуночи, решили поужинать после долгой дороги. В районе УкрЭнерго все было уже закрыто, а вот на Крещатики светились окна ресторана, но дверь закрыта. Постучались, швейцар спросил: «Откуда?» – «Из Чернобыля». Нас пропустили, мы прошли в пустой зал и только за одним столом сидел в задумчивости довольно молодой человек в военной форме. В процессе разговора он сообщил: «А я вот из Афгана вырвался по ранению. Я-то жить буду. А вот как у вас сложится?». Вот такая удивительная встреча помнится.

Считаю необходимым также вспомнить о вкладе организаций и специалистов различного профиля из г. Москвы, которые принимали участие в ликвидации аварии на ЧАЭС, чему посвящена отдельная книга в 2-х частях «Москва – Чернобыль», изданная к 12-летию Чернобыльской катастрофы [1]. Региональная общественная организация лиц, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС «Чернобыль-Защита», членом которой я являюсь, в 2020 г. выпустила памятное издание, посвященное 30-летию Чернобыльской трагедии «Дорога в 30 лет. От Союза до Защиты 1990–2020 г.» [2].

Мы не забываем об ушедших, они оставили след в наших сердцах. Мы помним, ведь память – это вечность, которая рождает бесконечность.

Мы Родину с тобой спасали вместе.

И пусть не все сумели нас понять,

Ты знай: о нашем подвиге и чести

Потомки будут песни сочинять.

Низкий поклон вам, участники ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, защитившие собой мир от страшной угрозы всему человечеству!

Список литературы

1. Москва – Чернобыль: к 12-летию катастрофы / Под ред. А. А. Дьяченко. – М.: Воениздат, 1998 г.
2. Дорога в 30 лет. От Союза до Защиты 1990–2020 г.

Интервью подготовлено

И. Н. Хохловым



ПРИКЛАДНАЯ НАУКА В ОБЛАСТИ ТОННЕЛЕ- И МЕТРОСТРОЕНИЯ

В. А. Гарбер, д. т. н., НИЦ ТМ АО ЦНИИТС

Научно-исследовательский институт транспортного строительства АО ЦНИИТС (бывш. ЦНИИС Минтранс-строя) существует с 1935 г.

Начиная с этого периода в институте трудилось большое количество специалистов, внесших существенный вклад в научное обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации подземных транспортных сооружений.

Сформировались научные «школы» по отдельным направлениям научно-технического прогресса.

Сегодня можно сформулировать обобщенную характеристику специалистов-тоннелщиков, трудившихся в институте.

В эту характеристику входят высшие учебные заведения, которые окончили сотрудники института, докторские и кандидатские диссертации, защищенные сотрудниками, научные направления деятельности сотрудников, научные «школы», сформировавшиеся в институте, а также наиболее важные объекты, на которых трудились сотрудники института.

Высшее образование

Научный и инженерный состав инженеров-тоннелестроителей института сформировался из выпускников следующих вузов: МИИТ, МАДИ, МИСИ, Горный институт, ЛИИЖТ, СибИИЖТ, ХабИИЖТ, МИГАИК, МГУ (мехмат).

В соответствии с дипломами указанные сотрудники имеют специальности:

- инженер-строитель мостов и тоннелей;
- горный инженер;
- инженер-строитель ПГС;
- математик;
- инженер-геодезист;
- маркшейдер.

Доктора технических наук

Ряд сотрудников окончили аспирантуру и докторантуру, защитив соответствующие диссертации.

Перечислим докторов технических наук, работавших и работающих в институте в хронологическом порядке: Маковский Вениамин Львович, Дорман Яков Абрамович, Орлов Сергей Александрович, Губанков Николай Алексеевич, Демешко Евгений Андреевич, Дорман Игорь Яковлевич, Меркин Валерий Евсеевич, Гарбер Владимир Александрович.

Маковский В. Л. – основатель «школы» щитовой проходки тоннелей и метрополитенов.

Дорман Я. А. – основатель «школы» специальных методов строительства подземных сооружений.

Орлов С. А. – первый д. т. н. – расчетчик подземных конструкций.

Губанков Н. А. – бывший директор института.

Демешко Е. А. – крупный специалист по щитовой проходке тоннелей.

Дорман И. Я. – основатель научного направления обеспечения сейсмостойкости подземных сооружений и виброзащиты застройки от метрополитена.

Меркин В. Е. – основатель «школы» технологических методов сооружения тоннелей.

Гарбер В. А. – основатель «школы» обеспечения эксплуатационной безопасности тоннелей метрополитена.

Области деятельности ученых института

За время существования института сформировались следующие направления научной деятельности сотрудников:

- инъекционные и другие специальные способы строительства;
- гидроизоляция подземных объектов;
- геофизические методы обследования;
- виброакустические исследования;
- расчеты и моделирование подземных конструкций;
- монолитно-прессованная обделка (МПБО);
- открытый способ строительства подземных объектов;
- геодезические наблюдения и исследования;
- материалы подземных конструкций;
- конструкции тоннелей и метрополитенов;
- исследование горного давления;
- заводская технология изготовления конструкций метрополитенов;
- обследование и мониторинг технического состояния подземных конструкций;
- механизация подземного строительства;
- технология закрытого и открытого способов строительства подземных объектов;
- экология и гидравлические исследования;
- экономические исследования.

По перечисленным направлениям можно количественно определить научный и инженерно-технический состав сотрудников института, работавших в период 1964–2014 гг.:

- Инъекционные работы, специальные способы строительства, гидроизоляция подземных сооружений – 27 сотрудников;
- Механизация подземного строительства, технология закрытого и открытого способа работ – 32 сотрудника;
- Расчеты и моделирование подземных конструкций – 19 сотрудников;
- Конструкции тоннелей и метрополитенов, исследование горного давления – 12 сотрудников;
- Заводская технология изготовления конструкций метрополитенов – 7 сотрудников;
- Обследование и мониторинг техническо-

го состояния подземных конструкций – 4 сотрудника;

- Монолитно-прессованная обделка (МПБО) – 5 сотрудников;
- Экология и гидравлические исследования – 1 сотрудник;
- Экономические исследования – 2 сотрудника;
- Геофизические методы исследования – 6 сотрудников;
- Сейсмовиброакустические исследования – 2 сотрудника;
- Материалы подземных конструкций – 4 сотрудника.

Всего по указанным направлениям работало в период 1960–2023 гг. 8 докторов технических наук и 49 кандидатов технических и физико-математических наук. Некоторые сотрудники совмещали работу по нескольким направлениям научной деятельности.

Наиболее важные объекты, на которых трудились сотрудники института

В период существования института, начиная с 1964 г. по настоящее время (2023 г.), специалисты института осуществляли научно-техническое обоснование проектирования, строительства и эксплуатации следующих подземных строений страны.

Метрополитены: Москва, Санкт-Петербург, Тбилиси, Ереван, Ташкент, Алма-Ата, Екатеринбург, Казань, Красноярск, Баку, Челябинск, Уфа, Минск, Нижний Новгород.

Коллекторные тоннели: Москва, Рига, Новороссийск, Биробиджан (Транснефть).

Железнодорожные тоннели: Байкало-Амурская магистраль (БАМ), Сочи – Олимпийские объекты, Транссибирская магистраль (ремонт тоннелей без перерыва движения).

Автодорожные тоннели: Сочи – Олимпийские объекты, Москва – Лефортовский тоннель, Москва – Серебряноборские тоннели.

Всего более 23 крупных строительных объектов было обеспечено научным сопровождением сотрудниками института.

Оказание научно-технической и консультативной помощи за рубежом

- Метрополитены: Болгария, Чехия, Словакия.
- Атомные электростанции (АЭС) – Иран (Бушер).

Заключение

Приведенная в данной статье информация позволяет сделать вывод о том, что несмотря на трудности переходного периода от бюджетного финансирования к рыночной экономике, прикладной научно-исследовательский институт «выжил» и продолжает свою творческую деятельность в области подземного транспортного строительства.

КРУГЛЫЙ СТОЛ «ИННОВАЦИИ В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ – 2024»

31 января – 1 февраля 2024 г. в Научно-исследовательском техническом университете МИСИС в рамках ежегодного Международного научного симпозиума «Неделя Горняка 2024» был проведен круглый стол кафедры строительства подземных сооружений и горных предприятий – «Инновации в подземном строительстве – 2024».



Уже более 30 лет симпозиум «Неделя Горняка» объединяет представителей бизнеса, власти, научного и образовательного сообществ со всего мира. На мероприятии обсуждались современные проблемы и инновации в горнопромышленном комплексе России, а также ведущих отраслевых компаний, занимающихся вопросом освоения подземного пространства как в области проектирования, так и в области строительства сложных подземных объектов. В рамках симпозиума также были представлены ведущие разработки и исследования представителей горных школ России и стран ближнего зарубежья.

Одной из секций «Недели Горняка» стал круглый стол «Инновации в подземном строительстве – 2024», организованный кафедрой строительства подземных сооружений и горных предприятий НИТУ МИСИС.

В мероприятии приняли участие более 100 учёных и специалистов в сфере геомеханики и строительной геотехнологии. Это и представители университетов и вузов Российской Федерации, ближнего и дальнего зарубежья, строительных и проектных организаций, компаний-производителей специализированного оборудования и строительных материалов и др.

Всего в рамках круглого стола заслушано 23 доклада, посвящённых актуальным проблемам подземного строительства и горного дела.

В первый день проведения круглого стола «Инновации в подземном строительстве – 2024» с приветственным словом к участникам обратились: заведующий кафедрой СПСиГП, д. т. н., профессор Александр Никитович Панкратенко, генеральный директор АО «Трансинжстрой» Алексей Николаевич Машин, д. т. н., профессор Петр Серафимович Сыркин, а также иностранные коллеги из Вьетнама: профессорско-преподавательский состав Ханойского горно-геологического университета – Нгуен Суан Ман, Фам

Мань Хао, Чан Туан Минь, Нгуен Зуен Фонг, Нгуен Куанг Фьенг, профессорско-преподавательский состав Университета Бинь Зуонг – Као Вьет Хиеу, Дао Ван Тует. Иностранные коллеги подчеркнули значимость и высокий вклад кафедры СПСиГП в развитие подземного строительства во Вьетнаме, а также акцентировали своё внимание на развитии международных отношений с Российской Федерацией, значимости и необходимости в обмене опытом в сфере подземного строительства.

До начала деловой части А. Н. Панкратенко, как модератор круглого стола, рассказал участникам о кафедре СПСиГП. В частности, о её почти вековой истории и о выпускниках, которые связали свою жизнь со сферой подземного строительства. Отдельное внимание было уделено заслугам и достижениям кафедры как в прошлом, так и в настоящем.

Деловая программа круглого стола началась с совместного доклада А. Н. Панкратенко, д. т. н., профессора М. С. Плешко (кафедра СПСиГП НИТУ МИСИС) и А. Н. Машин – генерального директора АО «Трансинжстрой» на тему «Эффективные подходы к научно-техническому сопровождению, проектированию и обследованию технической сложности подземных комплексов», в качестве которых были рассмотрены вертикальные шахтные стволы. Докладчиками было подробно проанализировано состояние действующих стволов, подлежащих реконструкции. Специалисты кафедры СПСиГП участвуют в реализации проектов в области научно-технического сопровождения строительства и реконструкции этих стволов. Научно-техническое сопровождение основано на комплексном подходе к оценке состояния конструкции стволов и пород окружающего массива. В частности, на примере реальных объектов были рассмотрены процессы сбора всей необходимой информации, мониторинга объекта, решения геомеханических задач и внедрения методики, базирующейся

на современных моделях теории надёжности. В заключительной части были рассмотрены результаты проведенных работ в области НТС.

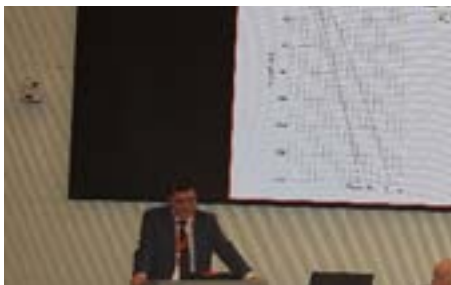
Продолжилась деловая программа совместным докладом докторов техн. наук П. В. Деева и А. С. Саммалья (ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет») и к. т. н. М. О. Лебедева (ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»). Темой доклада стала оценка влияния заглубленных фундаментов сооружений на напряженное состояние тоннельных обделок. Был подробно рассмотрен вопрос необходимости учета влияния наземных сооружений на существующие подземные конструкции. Авторами разработана математическая модель формирования напряженно-деформированного состояния обделок при наличии вблизи тоннелей заглубленных фундаментов, в том числе свайных. Также было представлено программное обеспечение, позволяющее определять напряженное состояние тоннельных обделок, обусловленное действием нагрузок от заглубленных фундаментов.

Затем был заслушан доклад к. т. н. В. В. Антипова и д. т. н. Е. А. Аверина (ООО Скура-товский опытно-экспериментальный завод) на тему «Механизация проходки капитальных горных выработок как инструмент устойчивого развития горнодобывающих компаний». Докладчики рассказали о тенденциях и вызовах горнодобывающей отрасли, подробно раскрыли комплексное сравнение двух технологий проходки вертикальных горных выработок – БВР и разработка пород при помощи комбайна на примере реальных объектов, где использовалось проходческое оборудование Скуратовского опытно-экспериментального завода. В заключительной части своего доклада специалисты поделились перспективными разработками предприятия, а также рассказали о реализованных проектах.

Следующими с докладом по теме «Определение минимальной толщины верхнего слоя почвы для предотвращения оползней при тоннельном строительстве» выступили высокоуважаемые иностранные коллеги из Вьетнама: профессорско-преподавательский состав Ханойского горно-геологического университета – Нгуен Суан Ман, Фам Мань Ха, Чан Туан Минь, Нгуен Зуен Фонг, Нгуен Куанг Фьенг, профессорско-преподавательский состав Университета Бинь Зуонг – Као Вьет Хиеу, Дао Ван Тует. Иностранные специалисты напомнили об актуальной и современной мировой проблеме – оползни, вызванные подземным строительством и добычей полезных



Приветственное слово А. Н. Панкратенко и коллег из Вьетнама



Выступление М. С. Плешко



Выступление П. В. Деева



Выступление В. В. Антипова



Совместный доклад коллег из Вьетнама



Выступление А. С. Саммаля



Выступление О. С. Каледина

ископаемых. Одна из основных причин таких оползней – ведение подземных работ слишком близко к земной поверхности. Для предотвращения появления различных провалов необходимо определить минимально возможную толщину покрытия или глубину подземного строительства. В докладе были проанализированы методы, которые применяются во всем мире для решения этой задачи, докладчики также рассказали о возможности использования численного метода UDEC при обследовании и анализе этого явления в каждом конкретном случае.

Далее с совместным выступлением М. С. Плешко, В. В. Антипов и Е. А. Аверин. Темой доклада стало повышение длительной устойчивости шахтных стволов при переходе на механизированный способ разрушения. Актуальность темы заключается в необходимости совершенствования средств ведения подземных горнопроходческих работ для обеспечения как можно более высоких темпов проходки. Учитывая это, Скуратовский опытно-экспериментальный завод разработал и создал стволпроходческие комбайны типа СПКВ. Особенностью комплекса является то, что он позволяет одновременно и параллельно вести работы по монтажу бетонной или комбинированной тубинго-бетонной крепи, а также разрушению и отгрузке породы. В рамках этого доклада были выделены преимущества механизированного способа с точки зрения геомеханики – это круглое сечение выработки; отсутствие одновременного выброса большого объема породы; временное крепление за счет распорной оболочки в зоне ведения работ по разрушению и начало работ по креплению после разгрузки массива.

Об оценке влияния налегающего водоносного слоя пород на напряженно-деформированное состояние крепи параллельных горных выработок слушателям рассказали докладчики А. С. Саммаля (ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет») и М. В. Старых (ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»). Докладчиками был предложен новый аналитический метод расчета крепи параллельных горных выработок, сооружаемых в горном массиве, сложенном двумя типами пород с различными физико-механическими характеристиками. Верхний слой этого массива является водоносным, а нижний, вмещающий сооружения, водонепроницаемым. Предложенный метод базируется на строгом решении соответствующей плоской контактной задачи теории упругости и реализован в виде компьютерного программного обеспечения. В своем материале докладчики рассмотрели конкретные примеры, иллюстрирующие возможности разработанного метода.

Затем был заслушан доклад к. т. н. О. С. Каледина (руководитель Департамента по работе в СНГ и Восточной Европе компании «Thyssen Schachtbau GmbH») на тему «Полный цикл работ по заморозке горных пород при строительстве верти-

кальных стволов». Основой доклада стало применение метода замораживания пород для безопасного и надежного строительства восьми вертикальных стволов в Российской Федерации. При реализации проектов была достигнута самая большая в мире глубина замораживания – до 827 м. Докладчиком подробно рассмотрены все реализованные проекты и освещены полученные уроки. Основные выводы из этого анализа показывают, что достижение цели «сухие стволы» возможно только при взаимосвязанном и согласованном выполнении основных этапов работ – бурение, замораживание, крепление ствола, оттаивание, ликвидация скважин, а также при неукоснительном обеспечении высокого качества работ во всех этапах.

Следующим выступил М. П. Сергунина (ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»). Темой доклада стало повышение эффективности технологического процесса крепления подземных горных выработок за счет применения методов машинного обучения. В первой части доклада был подробно рассмотрен алгоритм принятия решений выбора типов и параметров крепления подземных горных выработок, который используется на большинстве предприятий. Отдельной и очень важной частью являются геомеханические расчеты, а именно построение модели, основанной на численном методе. Данная модель требует большого количества исходных данных, в том числе и для вмещающего массива. Актуальность проблемы заключается в том, что при сборе и подготовке исходных данных по возможности должны использоваться уже имеющиеся данные, они должны быть получены без существенных усложнений организационных и технологических процессов. Исходя из этого, докладчиком были предложены варианты сбора, хранения и систематизации большого массива данных, а также построение прогнозных моделей при помощи методов машинного обучения. Рассмотрено несколько алгоритмов машинного обучения, часть из которых уже применяется на практике.

О прорывных технологиях при освоении подземного пространства мегаполисов и строительстве горных предприятий, а также о практическом применении технологии SLAM в инженерных изысканиях доложил В. Г. Шуляковский (ООО «АртГео»). Он рассказал о современном и передовом оборудовании, которое производится компанией АртГео – в первую очередь это сканер LiGrip SLAM. Данное оборудование используется для сканирования объектов различного назначения, в том числе и подземных. Отличительные преимущества оборудования – это простота выполнения сканирования и первичной обработки данных, не требующая высокой квалификации исполнителя; использование эффективных методов мобильного сканирования; возможность работы прибора в зонах с отсутствующим сигналом GPS.

Далее был заслушан доклад С. В. Борщевского из Донецкого национального

технического университета на тему «Третье восстановление Донбасса – состояние и перспективы предприятий горно-промышленного комплекса ДНР», в котором подробно рассказано о первом и втором масштабном восстановлении угольной промышленности Донбасса. Был рассмотрен экономический потенциал республики на сегодняшний день, проанализированы угольные предприятия, представлен объем добычи угля и основные показатели каждого предприятия.

Д. т. н. С. В. Анциферов и М. А. Кудрявцев (Тульский государственный университет) выступили с докладом на тему «Исследование напряженного состояния массива пород склона, содержащего горную выработку». Основная цель работы – оценка устойчивости массива пород склона вблизи тоннеля, сооруженного внутри склона. Основной идеей этой работы стало использование результатов математического моделирования взаимодействия элементов единой геомеханической системы «склон – массив пород – выработка – обделка». В ходе выступления были подробно рассмотрены существующие методы решения данной задачи, разобрана методика существующего расчета на реальном примере, а также выполнены расчеты в современных программных комплексах.

Деловая программа продолжилась докладом А. Л. Василевского (ОАО «Минскметропроект») на тему «Опыт строительства подземного пешеходного тоннеля закрытым способом в зоне влияния метрополитена в Минске». Докладчик поделился опытом строительства подземного пешеходного тоннеля без остановки движения транспорта под центральной автомагистралью города – проспектом Независимости (на глубине около 1,5 м от поверхности) и над действующими тоннелями метрополитена мелкого заложения (около 2,5 м от свода тоннелей пешеходного тоннеля). Сооружение данного пешеходного тоннеля было выполнено под защитой экрана из труб при помощи направленного буровнекового бурения с последующей проходкой и возведением конструкций закрытым способом работ.

Затем с докладом на тему «Опыт применения передовых мобильных технологий для решения задач в подземном строительстве» выступил П. А. Митрофанов (АО «УРСТ»). Докладчик рассказал о своей собственной разработке – современном мобильном приложении – помощнике в организации строительства, об основных проблемах, существующих на данный момент: разные формы отчетов, отсутствие всей необходимой документации под рукой, отсутствие ответственности за качество выполненных работ, слабая планировка организации строительства на строительной площадке, нехватка возможности полного обзора строительного объекта в виртуальном формате, необходимость запроса чертежей и проектов у отдела ПТО и т. д. Все эти проблемы может решить разработанное



Выступление М. П. Сергунина



Выступление В. Г. Шуляковского



Выступление С. В. Борщевского



Выступление С. В. Анциферова



Выступление А. Л. Василевского



Доклад П. А. Митрофанова



Доклад Ю. А. Кириенко

автором приложение. Данное приложение – это огромная платформа, которая способна хранить всю необходимую отчетность в электронном виде так, чтобы она всегда была под рукой. Приложение позволяет ежедневно изменять СТП по каждому из объектов, быстро реагировать на изменения и правильно организовывать строительное производство.

С докладом на тему «Особенности разработки конструктивных решений общешахтного бункера рудника, пройденного в солях» выступил Ю. А. Кириенко (кафедра СПСиГП НИТУ МИСИС). Доклад был построен на реальном примере – узел сопряжения общешахтного бункера и камеры питателей. Данный узел был сооружен в каменной соли с применением двухслойной крепи с податливым слоем. Именно для этого объекта докладчиком была разработана расчетная пространственная модель в современном расчете комплексе Midas FEA NX. В результате численного моделирования различных вариантов конструктивных элементов крепи сопряжения для обеспечения безремонтной работы крепи на весь срок службы выработки (50 лет) была установлена необходимость устройства деформационных швов в крепи бункера над сопряжением, что снижает уровень напряжений в крепи камеры питателей в 7 раз.

Далее выступили д. т. н. С. В. Анциферов и О. В. Трещева (ТулГУ) с докладом на тему «Метод расчета обделок тоннелей, сооружаемых под защитой экрана из труб». Основной задачей этой работы стала разработка нового аналитического метода расчета обделок тоннелей, сооружаемых с применением защитного экрана из труб для уточнения известных и установления новых закономерностей формирования напряженного состояния массива пород и обделок тоннелей. Новизна решения этой задачи заключается в применении результатов математического моделирования взаимодействия элементов единой геомеханической системы «массив пород – защитный экран из труб – обделка тоннеля» для адекватного учета влияния основных факторов на напряженное состояние подземных конструкций. Для решения



Выступление Д. С. Паринова

этой задачи также были использованы современные положения геомеханики, механики подземных сооружений и математического аппарата теории функций комплексного переменного, позволяющих выполнить постановку и получить аналитическое решение соответствующей задачи теории упругости для дальнейшей реализации его в виде программного комплекса. В работе представлены расчеты для нескольких вариантов расположения тоннеля и защитного экрана из труб, сделаны выводы и представлено заключение.

Заключительным в первый день круглого стола стал доклад на тему «Экспериментальная оценка напряженно-деформированного состояния крепи эксплуатационных стволов». Докладчиками выступили Д. С. Паринов (ООО «ЗСК»), М. С. Плешко и А. П. Давыденко (СПСиГП НИТУ МИСИС). Ими была представлена актуальная тема исследования, заключающаяся в том, что особую важность имеет точность и актуальность первичных данных о физико-механических свойствах взаимодействующих сред, данные о горно-геологических процессах, характеризующих внешние воздействия на крепь. Ключевыми факторами, требующими всестороннего обследования и уточнения, являются параметры текущего технического состояния вертикального шахтного ствола. Практическая значимость существующей проблемы рассматривалась на реальном примере. Подробно был описан исследуемый объект, показаны все существующие дефекты и инструменты для их обнаружения. Отдельно рассматривался процесс определения состояния крепи ствола. Докладчики представили выводы о том, что верификация параметров выявленных дефектов крепи различными методиками исследования повышает достоверность и точность определения степени влияния их свойств на запас остаточной несущей способности крепи; применение комплексного подхода к решению задачи по определению текущего технического состояния ствола позволяет увеличить количественные и качественные показатели первичных данных; основными параметрами, в большей степени влияющими

ми на остаточный ресурс шахтного ствола, являются свойства околоствольного массива и взаимодействие системы крепь – массив. Дальнейшее совершенствование методов и способов определения этих параметров с развитием технической базы позволит кроме метода конечных элементов (МКЭ) использовать другие инструменты математического моделирования.

На этом деловая программа первого дня круглого стола «Инновации в подземном строительстве – 2024» была завершена. Модератор А. Н. Панкратенко провел дискуссию по результатам заслушанных докладов, а также выступил с благодарственными словами к участникам и докладчикам.

Во второй день (1 февраля 2024 г.) деловой программы круглого стола «Инновации в подземном строительстве – 2024» с объемным докладом выступил д. т. н. проф. И. Я. Дорман (Тоннельная ассоциация России) на тему «Реконструкция перегонных тоннелей метрополитена без/с сохранением движения поездов». Игорь Яковлевич рассказал о технологических схемах, которые применяются для реконструкции перегонных тоннелей в камеры съездов и станции. Подробно была рассмотрена реконструкция перегонных тоннелей в станцию метрополитена с сохранением движения поездов, реализованная на станции метро «Горьковская» (ныне «Тверская») Московского метрополитена. Докладчиком была проведена аналогия и возможность применения этих технологических схем для строительства станции метро «Суворовская» Большой кольцевой линии г. Москвы.

Далее были заслушаны доклады аспирантов кафедры «СПСиГП» НИТУ МИСИС:

И. В. Маркина – на тему «Повышение эффективности крепления капитальных горных выработок в условиях неравномерного тектонического воздействия»;

А. В. Портнова – на тему «Применение современных программных комплексов для моделирования рудоспусков»;

О. В. Герасимовой – на тему «Исследования влияния модифицированных добавок на реологические и механические свойства бетона при использовании известняка в качестве наполнителя»;

А. М. Потокиной – на тему «Прогноз давления активного пригруза забоя при строительстве тоннелей тоннелепроходческими механизированными комплексами (ТПМК) в г. Москве»;

А. С. Матвеева на тему «Выбор и научное обоснование критериев влияния на технологию строительства горных выработок в скальных породах».

Обзор подготовили

Плешко Михаил Степанович
pleshko.ms@isis.ru
 Попонин Артём Романович
poponin.ar@isis.ru
 Орлов Алексей Станиславович
alorlov13@gmail.com

ПАМЯТИ ЭДУАРДА БОРИСОВИЧА РУБИНЧИКА



(1939-2024)

11 марта 2024 г. скоропостижно скончался выдающийся отечественный тоннелестроитель, почётный транспортный строитель, член Тоннельной ассоциации России Эдуард Борисович Рубинчик.

Окончив в 1961 г. факультет «Мосты и тоннели» Московского института инженеров железнодорожного транспорта, он с 1961 по 1985 гг. трудился в «Главтоннельмостострое» Министерства транспортного строительства СССР, последовательно занимая должности мастера, начальника смены, начальника шахтостроительного участка и заместителя главного инженера СМУ № 5 Московского Мостостроя. С 1985 по 1997 гг. работал главным инженером Управления строительства «Гормострой» в Нижнем Новгороде, после чего в течение двух лет возглавлял филиал Корпорации «Трансстрой» по строительству Казанского метрополитена, с 1999 по 2003 – технический директор ООО «Владес», с 2003 по 2012 – технический директор ООО «ПСК Космос-Тоннель», в 2013 г. руководил ООО «Стройинжпроект» в качестве генерального директора; с 2013 г. до выхода на пенсию в 2020 г. трудился в должности главного конструктора ООО «Бустрен РМ».

Все 60 лет своей профессиональной деятельности Эдуард Борисович посвятил подземному строительству – проектированию и строительству объектов метрополитена в Москве, автомобильных тоннелей и метрополитенов в Казани и Нижнем Новгороде. Работая в Московском и Горьковском Мостострое, Казанской дирекции строительства метрополитена, в ООО «ПСК Космос-Тоннель», он успешно руководил строительством уникальных подземных объектов, в том числе тоннельных сооружений и станций Московского метрополитена («Рижская», «Полежаевская», «Площадь Ногина» («Китай город»), «Библиотека имени Ленина», «Авиамоторная», «Третьяковская», «Нахимовский проспект»), участвовал в проектировании и строительстве Лефортовской, Суцневской, Ленинградской и Волоколамской автомобильных развязок, станции «Горки» 1-й очереди Казанского метрополитена, выполнял ремонтно-восстановительные работы здания Манежа в Москве, при реставрации комплекса «Царицыно», строительстве комплекса очистных сооружений «Москва-Сити», а также сооружений Арбатско-Покровской и Филевской линий метрополитена.

Используя свои знания и практический опыт, он тщательно контролировал ход выполнения планов строительства, принимал участие в рассмотрении и согласовании возникавших в ходе строительства изменений проектных решений, оперативно решал вопросы по замене материалов, изделий и конструкций без снижения качества строительных работ.

За время работы в ООО «Бустрен РМ» в должности главного конструктора, под его непосредственным руководством были разработаны и запроектированы основные конструкции перегонных тоннелей и станционных комплексов строящейся Кожуховской линии и третьего пересадочного контура Московского метрополитена, многих транспортных пересадочных узлов, примыкающих к строящимся станциям метро.

При личном участии Э. Б. Рубинчика были разработаны предложения по изменению СНиП 32-02-2003, позволяющие адаптировать европейские стандарты проектирования и строительства метрополитена к отечественным нормативам. Данные предложения получили положительную оценку Российской академии строительства и архитектуры, ОАО «ВНИИЖТ» и согласованы Московским метрополитеном. Эффективность сочетания «испанской» и отечественной технологий за счет сооружения станционных комплексов методом несущей «стены в грунте» и притоннельных сооружений в значительной мере снижает затраты на производство строительно-монтажных работ и нивелирует опасность техногенных проявлений – просадок и выноса неустойчивых грунтов, а также снижает срок самого строительства.

Эдуард Борисович был высококвалифицированным специалистом, грамотным и ответственным руководителем, умевшим оперативно решать организационные и технические задачи, одним из лучших организаторов производства, способным обеспечивать работу коллектива и досрочную сдачу намеченных объектов, жизненно необходимых для москвичей и гостей столицы.

За многолетний труд в отрасли он был награжден многими медалями и ведомственными знаками отличия, удостоен званий заслуженный строитель Российской Федерации, почетный транспортный строитель, почетный строитель города Москвы, а в 2019 г. ему была присуждена Премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Светлая память об Эдуарде Борисовиче навсегда сохранится в наших сердцах.

Правление Тоннельной ассоциации России

ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА ВЛАДИМИРОВИЧА ЕРШОВА



Тоннельная ассоциация России с прискорбием сообщает, что 18 марта 2024 г. на 71-м году жизни после непродолжительной тяжёлой болезни скончался заслуженный работник транспорта Российской Федерации, почётный строитель России, член правления Тоннельной ассоциации России Александр Владимирович Ершов.

Вся трудовая жизнь Александра Владимировича была связана с обеспечением надёжной и безопасной работы самого удобного вида пассажирского транспорта столицы – Московского метрополитена.

Пройдя курс обучения в Московском институте инженеров железнодорожного транспорта по специальности «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Александр Владимирович в 1979 г. молодым инженером приступил к работе в Электромеханической

службе Московского метрополитена, в функции которой входит обеспечение бесперебойной работы инженерных систем и систем безопасности Московского метрополитена. Здесь в полной мере проявились его обширные инженерные знания и способность к восприятию современных тенденций развития науки и техники, огромное трудолюбие и высокая ответственность за результаты своего труда, умение мобилизовать коллектив на выполнение поставленных задач. Здесь прошло становление Александра Владимировича из молодого специалиста в авторитетнейшего в нашей стране профессионала в области эксплуатации метрополитенов, крупного организатора службы эксплуатации этого вида транспорта. Эти качества позволили ему на протяжении многих лет с успехом выполнять функции главного инженера-первого заместителя начальника Московского метрополитена. Александр Владимирович особое внимание уделял всестороннему развитию систем диагностики и ремонта многочисленных и протяжённых инженерных коммуникаций, присущих этому виду транспорта, применению средств телемеханики и автоматизации в работе эксплуатационных служб. Он являлся инициатором и участником разработки серии огнестойких электрических кабелей с повышенными показателями надёжности и пожарной безопасности. За эту разработку и освоение промышленного производства кабелей Александр Владимирович в составе группы авторов был удостоен премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Участвуя в научных исследованиях и работах, связанных с техническим развитием метрополитена, Александр Владимирович Ершов в 2006 г. защитил диссертацию на учёную степень кандидата технических наук.

Нельзя не отметить и огромную роль Александра Владимировича в разработке и реализации Программы развития Московского метрополитена на 2011–2022 гг.

При всей своей огромной производственной нагрузке Александр Владимирович Ершов оставался чутким и доброжелательным человеком, всегда готовым подать руку помощи коллегам по работе, активно участвовал в деятельности общественных профессиональных организаций, являлся не только членом правления Тоннельной ассоциации России, но и нашим верным и надёжным другом.

Глубоко скорбя о кончине Александра Владимировича Ершова, Тоннельная ассоциация России выражает искренние соболезнования его родным и близким.

Светлая память об Александре Владимировиче навсегда останется в наших сердцах.

Председатель правления
Тоннельной ассоциации России

К. Н. Матвеев

Руководитель Исполнительной дирекции
Тоннельной ассоциации России

А. Б. Лебедьков



РЕШЕНИЯ ДЛЯ РЕМОНТА БЕТОНА

- Материалы для неконструкционного ремонта
- Материалы для конструкционного ремонта
- Материалы для сухого торкретирования
- Ингибиторы коррозии и адгезионные составы

РЕШЕНИЯ ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ

- Жесткие гидроизоляционные покрытия
- Эластичные гидроизоляционные покрытия
- Материалы для устройства узловой гидроизоляции



РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛОВ

- Упрочнители верхнего слоя свежееуложенных бетонных полов
- Самовыравнивающиеся смеси для устройства бетонных полов
- Материалы для устройства цементных полов

ООО «Полипласт _ Юг»
+7 (861) 255 – 46 – 43
office_krasnodar@polyplast-ug.ru

ООО «Полипласт Новомосковск»
+7 (800) 200 – 08 – 28, доб. 101
kluchnikov@polyplast-nm.ru

ООО «Полипласт Северо_запад»
+7 (812) 612 – 82 – 65
ruk.sss@ppnw.ru

ООО «Полипласт УралСиб»
+7 (3439) 27 – 35 – 00, доб. 2350
info@ppus.org



акционерное общество

НЬЮ ГРАУНД

С нами строить легко!

• Строительство

- подземные парковки
- гидротехнические сооружения
- новые территории
- Усиление фундаментов и оснований
- Геомассив
- Выполнение работ на объектах культурного наследия
- Усиление грунтов и оснований на мерзлых грунтах
- Проектирование подземных частей зданий и сооружений

подземный паркинг

ограждение котлованов

стена в грунте

закрепление грунтов

Контакты:
614081, г. Пермь,
ул. Кронштадтская, д. 35
тел.: +7 (342) 236-90-70 (многоканальный)
+7 (342) 236-90-64
Office@new-ground.ru
www.new-ground.ru

Москва (495) 643-78-54
Ижевск (3412) 56-62-11
Казань (843) 296-66-61
Нижний Новгород (831) 410-68-66
Уфа (917) 378-07-48
Самара (912) 059-30-83
Краснодар (861) 240-90-82

Ростов-на-Дону (863) 311-36-36
Крым (978) 939-38-33
Санкт-Петербург (812) 923-48-15
Тюмень (3452) 74-49-75
Екатеринбург (912) 059-30-83
Красноярск (391) 203-68-20
Новосибирск (383) 286-12-83