

Журнал
Тоннельной ассоциации России

Председатель редакционной коллегии

К. Н. Матвеев, председатель
правления ТАР

Зам. председателя редакционной коллегии

И. Я. Дорман, доктор техн. наук

Ответственный секретарь

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

Редакционная коллегия

В. П. Абрамчук

В. В. Адушкин, академик РАН

В. Н. Александров

М. Ю. Бельский

А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук

В. В. Внутских

С. А. Жуков

Б. А. Картозия, доктор техн. наук

Е. Н. Курбацкий, доктор техн. наук

М. О. Лебедев, канд. техн. наук

И. В. Маковский, канд. техн. наук

Ю. Н. Малышев, академик РАН

В. Е. Меркин, доктор техн. наук

А. Ю. Старков

Б. И. Федунец, доктор техн. наук

Т. В. Шелитько, 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

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71

127521, Москва,

ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,

оф. 420Б

e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства

© ООО «Метро и тоннели», 2019

Строительство метро

Поиск нестандартных решений 2

Каким будет южный участок Большой кольцевой линии? 4

В Тоннельной ассоциации России

Научно-техническая конференция
«Освоение подземного пространства городов
и транспортное строительство» 6

Выставки и конференции

О проектировании, строительстве и эксплуатации
комплексов подземных сооружений 8
С. В. Мазеин, А. Ю. Долгих

Юбилеяры отрасли

Минскметрострою – 40 лет 12

Новые методики

Использование рядов динамики для прогнозирования
и управления технико-экономическими
характеристиками объектов метростроения 14
Д. М. Мутушев

Железнодорожные тоннели

Основные научно-технические результаты
проектирования и строительства тоннелей БАМ 18
Н. И. Кулагин

Проектные решения

Второй участок третьей линии Минского метрополитена 24
И. О. Панкевич

Возможности энергоэффективных технологий
применительно к теплосантехническим
устройствам метрополитена 28
В. А. Маслак, Е. К. Левина,
С. С. Мошин, С. Л. Михайлов

Архитектура метрополитена

Архитектурно-художественное решение
участка Калининско-Солнцевской линии
Московского метрополитена
от станции «Раменки» до станции «Озерная» 32
Н. И. Шумаков, Л. Л. Борзенков

Метрополитены

К вопросу разделения пересекающихся
в одном уровне линий Бакинского метрополитена 36
Ш. К. Эфендиев, А. М. Алиев

Освоение подземного пространства

Основные принципы комплексного освоения подземного
пространства при реновации жилой застройки Москвы 38
Д. С. Конюхов

Зарубежный опыт

Проект самого длинного морского подводного тоннеля 42
В. В. Космин

Херренкнехт успешно продолжает прокладку
тоннелей в Лос-Анджелесе 45

Партнеры Тоннельной ассоциации России



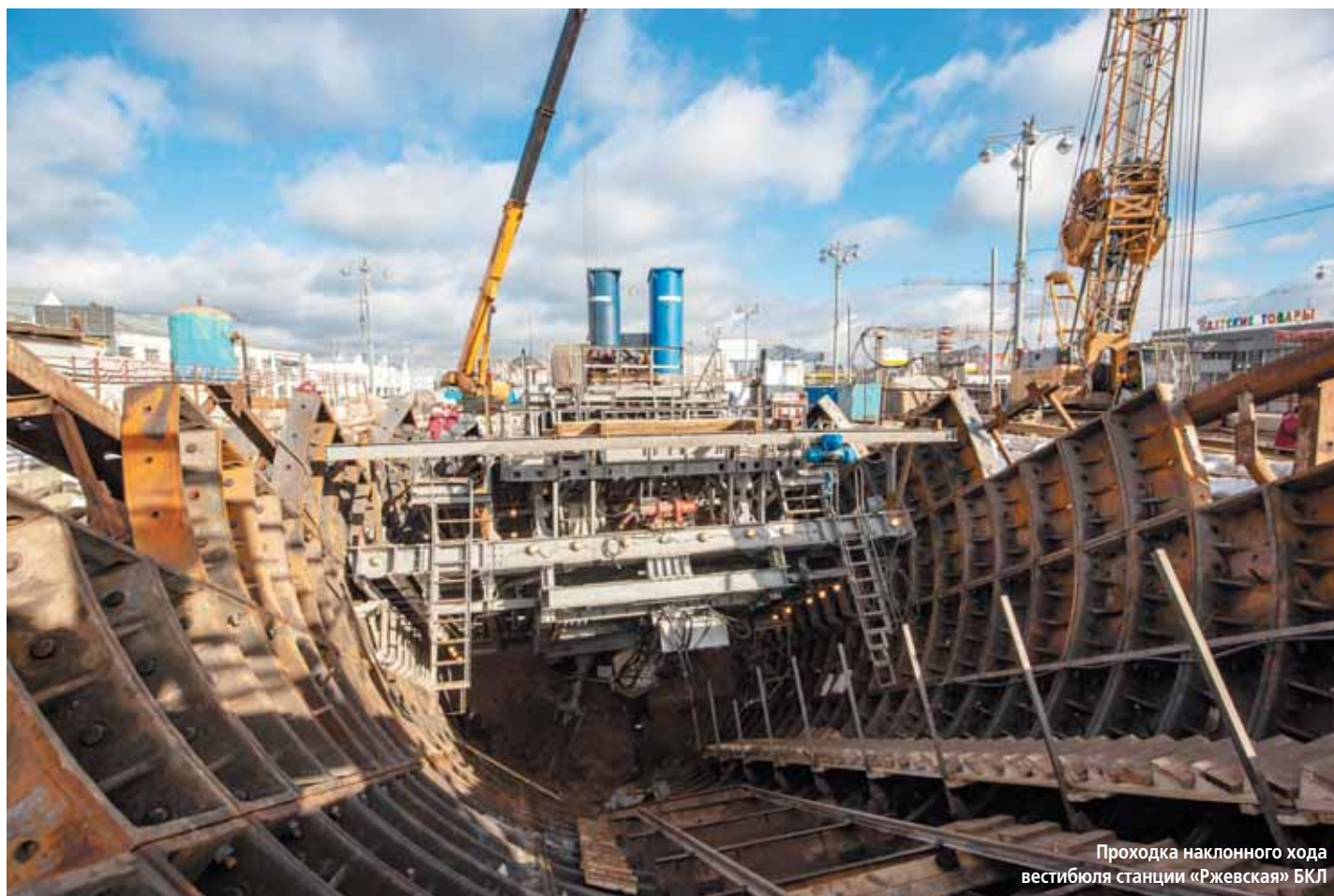
Мосметрострой



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Проходка наклонного хода
вестибюля станции
«Ржевская» БКЛ
в Москве
(с. 2)

ПОИСК НЕСТАНДАРТНЫХ РЕШЕНИЙ



Проходка наклонного хода
вестибюля станции «Ржевская» БКЛ

Столичная транспортная система, включая метрополитен, в последние годы развивается бурными темпами. Генеральный директор АО «Мосметрострой» С. А. Жуков рассказал журналу «Метро и тоннели» о технологических вызовах, которые сегодня стоят перед метростроителями, о развитии строительной индустрии и новых объектах строительства.

– Сергей Анатольевич, какие актуальные вызовы Вы можете отметить в метростроении?

– Беспрецедентные темпы строительства метрополитена. В прошлом году был установлен абсолютный рекорд столичной подземки по количеству открытых станций и длине введенных участков: 17 станций и около 33 километров линий. Только Мосметрострой за последние три года сдал девять новых станций, шесть из них – глубокого заложения. Сегодня мы принимаем участие в самом масштабном проекте за всю историю метростроения – сооружении Большой кольцевой линии, длина которой составит 69 км с 31 станцией. Изменился подход к подземной архитектуре, открыв новые возможности для метростроителей. Несмотря на типовые конструктивные решения, проектировщики стремятся создать для каждого объекта свой неповторимый облик. Кроме того, дизайн многих станций Большого кольца определялся путем голосования на портале «Активный гражданин». Так было и со станциями северо-восточного участка Большого кольца «Стромынка», «Ржевская» и «Шереметьевская», строительством которых мы занимаемся. Очень хочется полностью воплотить все задумки архитекторов вплоть до мельчайших деталей.

Еще одним вызовом считаю конкуренцию. Сегодня это неотъемлемая часть экономики. Если раньше мы были монополистами в строительстве столичной подземки, то за последние годы конкуренция возросла со стороны других компаний, в том числе зарубежных. Однако наше основное преимущество – уникальный опыт. За 87 лет существо-

Генеральный директор
АО «Мосметрострой»
С. А. Жуков



вания выстроена оптимальная структура компании, позволяющая выполнять весь цикл работ, начиная от проектирования и заканчивая сдачей объекта в эксплуатацию. Поэтому для сохранения лидирующих позиций предстоит много и упорно работать.

– Какие, по Вашему мнению, новые технологии могут прийти на строительный рынок?

– Безусловно, любая отрасль стремится к оптимизации производственного процесса. Достичь этого можно за счет правильной организации труда, использования современной техники и новых технологий. В сфере метростроения уже появились тоннелепроходческие механизированные комплексы с большими диаметрами для строительства двухпутных тоннелей, усовершенствованы технологии заморозки и бетонирования. Видоизменилась гидроизоляция сооружений – вместо традиционных битумных и битумно-полимерных материалов все чаще применяются синтетические мембраны. Сложная московская геология заставляет постоянно искать различные решения для минимального влияния на окружающую среду и соблюдения сроков сдачи объектов. Так, при сооружении станции «Стромынка» БКЛ используется технология джет-граундинг (струйная цементация грунтов) с противофильтрационной завесой. Она позволяет исключить просадки на поверхности и попадание грунтовых вод в разрабатываемый котлован.

– Где сейчас сооружают тоннели?

– Текущий год для нас насыщенный по ведению проходческих работ. В марте-апреле мы завершили проходку правого и левого перегонных тоннелей от камеры съездов за «Рубцовской» до «Стромынки». Проходка велась на глубине 30 м в сложных гидрогеологических условиях. Перед тем, как финишировать в технологическую камеру, тоннелепроходческий комплекс пересек действующую станцию «Сокольники» Сокольнической линии. Для безопасного прохождения этого обводненного участка приняли ряд подготовительных мер, в том числе временно закрывалось движение на пяти станциях Сокольнической линии от «Красносельской» до «Бульвара Рокоссовского». Впереди трудоемкий этап по сооружению тоннелей от пл. № 25,3 в сторону «Авиамоторной», от «Стромынки» в сторону «Ржевской» (пл. № 17), от пл. № 17 в сторону «Савеловской». Ведется проходка трех наклонных ходов под эскалаторы на будущих станциях «Ржевская», «Шереметьевская» и «Авиамоторная» Большой кольцевой линии метрополитена. Планируем в последних числах мая пустить тоннелепроходческий комплекс на продлении Люблинско-Дмитровской линии от пл. № 30 до «Лианозово». Этот участок включает станции «Улица 800-летия Москвы» и «Лианозово» с перегонными тоннелями и комплексом притоннельных сооружений. Протяженность от «Селигерской» до «Лианозово» составит около 4 км. Новые станции метро позволят улучшить транспортные возможности для тысяч москвичей и обеспечить комфортные



Вид на строительную площадку, где расположится вестибюль станции «Шереметьевская» БКЛ



Завершение проходки правого перегонного тоннеля между станциями «Рубцовская» и «Стромынка» БКЛ

пересадки на метро, поезда Савеловского направления и наземный транспорт. Будущие метровокзалы построят открытым способом, а перегоны пройдут с помощью тоннелепроходческих механизированных комплексов. Станция «Улица 800-летия Москвы» расположится вдоль Дмитровского шоссе между улицей 800-летия Москвы и Яхромским проездом. «Лианозово» – правее Дмитровского шоссе напротив Вагоноремонтной улицы.

– Расскажите немного о Филёвской линии столичного метрополитена.

– Строительство наземного участка Филёвской линии изначально велось организациями Московского метростроя, в частности – СМУ-3, СМУ-5 и СМУ-8. Этому предшествовали тщательные проектные проработки и острые дискуссии – как эффективнее осуществить связь центра с новым быстрорастущим жилым массивом. Изначально предлагаемая наземная прокладка линии вызвала много возражений из-за особенностей эксплуатации подвижного состава и технических устройств

в летнее и зимнее время года. Впоследствии, в том числе исходя из экономических соображений, приняли решение проложить ее в основном по поверхности.

Так и появились всеми нами любимые и важные для тысяч москвичей наземные станции Филёвской линии. С тех пор, а это более 60 лет, на линии не проводился капитальный ремонт. Износ конструктивных элементов и инженерных сетей достигал 70 %. Кроме того, за это время выросло число жителей района. Поэтому когда остро встал вопрос о необходимости капитального ремонта наземного отрезка линии, заказчики ориентировались, прежде всего, на удобство пассажиров и отказались от полного закрытия участка. Нашими совместными усилиями был разработан поэтапный план работ: сначала на каждой станции отремонтировать один из вестибюлей и платформу по движению из центра, а затем – оставшуюся часть платформы и второй выход.

Фотоматериал предоставлен пресс-службой АО «Мосметрострой»



КАКИМ БУДЕТ ЮЖНЫЙ УЧАСТОК БОЛЬШОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ЛИНИИ?



Генеральный директор ООО «ИБТ» Р. В. Сарыбаев

В Москве реализуется самый масштабный проект в истории метростроения в России и в мире – Большая кольцевая линия. Ее длина составит 69 км с 31 станцией и двумя электродепо.

БКЛ соединит существующие и перспективные радиальные линии на расстоянии до 10 км от действующей Кольцевой линии, что позволит разгрузить имеющиеся передаточные контуры. Новое кольцо метро сэкономит горожанам 30 минут на каждой поездке. Например, сейчас путь от «Калужской» до «Севастопольской» занимает 35 минут, а будет всего 10 минут.

Одним из сложнейших участков является южный, так как строится в условиях плотной жилой городской застройки. Он включает в себя три новые станции метро: «Зюзино», «Калужскую» и «Улицу Новаторов».

Станция «Зюзино»

Став частью БКЛ Московского метро, станция «Зюзино» улучшит транспортную доступность районов Зюзино и Черемушки, снизит загрузку южных участков действующих перегруженных линий подзем-





ТПМК «Роза» отправился строить правый перегонный тоннель в сторону станции «Зюзино»



Проект станции «Калужская» («Воронцовская»)



Проект станции «Улица Новаторов»

ки: Сокольнической, Калужско-Рижской и Серпуховско-Тимирязевской. Кроме того, строительство станции позволит снизить интенсивность уличного движения в районах Обручевский, Черемушки и Зюзино на 10–15 %, что, в свою очередь, улучшит экологическую ситуацию на юго-западе столицы. Численность населения в зоне влияния станции – 105 тыс. человек, пассажиропоток – 150 тыс. человек в сутки. Правый перегонный тоннель длиной 996 м от действующей станции «Каховская» (площадка № 8) до станции «Зюзино» (площадка № 6) уже построен. ТПМК S-219 Herrenknecht «Роза» демонтирован, перевезен на новую площадку и уже собран для дальнейшей работы – проходки левого перегонного тоннеля от станции «Воронцовская» (площадка № 4) до станции «Улица Новаторов» (площадка № 2). Назван в честь Розы Шаниной – советского одиночного снайпера

отдельного взвода снайперов-девушек 3-го Белорусского фронта.

Станция «Воронцовская»

Станция войдет в состав пересадочного узла Калужско-Рижской линии метро. Став частью БКЛ, «Воронцовская» снизит нагрузку столичной подземки и улучшит транспортную доступность Обручевского района Москвы. Численность населения в зоне влияния станции составляет 44 тыс. человек, пассажиропоток – 300 тыс. человек в сутки. ТПМК S-218 Herrenknecht «Наталья» стартовал с площадки № 4 (станционный комплекс «Воронцовская») в сторону площадки № 2 (станционный комплекс «Улица Новаторов»). ТПМК предстоит пройти правый перегонный тоннель длиной 1264 м. Назван в честь единственной женщины – машиниста электропоезда Наталии Корниенко, которая работала на Сокольнической линии Московского метрополитена.

Станция «Улица Новаторов»

Станция «Улица Новаторов» в перспективе станет пересадочной на проектируемую линию метрополитена. Эта линия протяженностью 19 км потянется в пос. Коммунарка Новой Москвы. В рамках БКЛ станция «Улица Новаторов» снизит нагрузку московской подземки и южных участков Сокольнической, Калужско-Рижской и Серпуховско-Тимирязевской линий метро. Строительство станции также позволит улучшить транспортное обслуживание районов Проспект Вернадского и Обручевский и сделать город еще более комфортным для горожан. Численность населения в зоне влияния станции составляет 115 тыс. человек.

По состоянию на сегодняшний день все объекты компании «ИБТ» находятся в состоянии активного строительства. Готовность южного участка БКЛ оценивается специалистами на 20 %. Сдать южный участок Большой кольцевой линии планируется в 2022 г.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ И ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

21 марта 2019 г. в Москве прошла научно-техническая конференция Тоннельной ассоциации России. В конференции приняли участие 52 специалиста из Москвы, Санкт-Петербурга, Омска, Уфы, а также из Беларуси и Германии, представляющие следующие организации: ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», ООО «НИЦ ТА», АО «Метрогипротранс», АО «Мосинжпроект», АО «Трансинжстрой», АО «Мосметрострой», ФГУП «УС-30», ООО «ОмскПроектСтрой», ООО «Стальные решения», ООО «СЕДАТЭК», ОАО «Минскметропроект», ООО «НПК «Спецбурматериалы», ООО «Херренкнехт тоннельсервис», Филиал ООО «РСРС ГмбХ» и др.

Со вступительным словом и обращением к делегатам и приглашенным обратился директор Исполнительной дирекции Тоннельной ассоциации России Александр Борисович Лебедевков с пожеланием плодотворной работы, интересных докладов, творческой дискуссии, по результатам обсуждения которых необходимо принять соответствующее решение.

С первым докладом «Основные направления развития стандартизации в области метроостроения» выступил к. т. н. Александр Геннадьевич Полянкин, АО «Мосинжпроект». Были представлены структура свода правил «Метрополитены», система и необходимость разработки специальных технических условий.

Обсуждение доклада вызвало серьезную дискуссию:

- надо ли так часто редактировать (изменять) свод правил?
- не определена степень необходимости и технический уровень разработки специальных технических условий;
- ранее существующая система строительных норм и правил (СНиПов) и временных строительных норм (ВСН), применяемая в течение длительного времени, зарекомендовала себя удобной и дееспособной, отражающей высокий уровень развития техники.

В докладе «Технические решения для обеспечения сохранности и безопасности эксплуатации сооружений метрополитена при пуске участков линий строящегося метрополитена по временной схеме на деревянных

шпалах до завершения строительно-монтажных работ в полном объеме» сотрудника «НИЦ ТА» Романа Николаевича Никонорова представлена последовательность действий при выявлении необходимости пуска участка строящейся линии метрополитена по временной схеме. Учитывая положительный опыт проведения работ в соответствии с представленной последовательностью действий для организации безопасной эксплуатации сооружений при условии движения поездов по временной схеме, можно сделать вывод о жизнеспособности данного подхода.

Йоханнис Хеннинг, сотрудник ООО «Херренкнехт Тоннель Сервис», сделал интересный и полезный с практической точки зрения доклад «Применение специального транспорта на пневмоходу при строительстве тоннелей». Доклад заинтересовал слушателей и вызвал деловую дискуссию.

Сергей Александрович Ракитин, представитель ООО «СЕДАТЭК», в докладе «Система температурно-акустического мониторинга высоковольтных кабельных линий» отметил, что кабельные линии, расположенные под землей, являются источником техногенной опасности (ИТО). Представлена методология получения данных о распределении температуры и акустического фона на протяжении всей кабельной линии в грунте с использованием волоконно-оптических технологий. В результате дискуссии определена возможность определения напряженно-деформированного состояния (НДС) подзем-

ных конструкций с помощью предлагаемой методологии.

Кандидат технических наук Владимир Иванович Ноздря, генеральный директор ООО «НПК «Спецбурматериалы», в докладе «Отечественные материалы и реагенты для инъектирования, упрочнения и гидроизоляции грунтов, каменных оснований и бетонных конструкций» сообщил, что в настоящее время выпускается более 150 видов продукции для бурения скважин и строительства. Многие разработанные материалы и реагенты применимы в строительстве, в том числе метро и тоннелей, для упрочнения оснований и фундаментов, гидроизоляции дамб, плотин и пр.

Коммерческий директор ООО «Стальные решения» Станислав Викторович Колопыткин представил доклад «Инновационный продукт совместной разработки НИИЖБ им. А. А. Гвоздева и «Тюльского металлопрокатного завода» – 4-рядная винтовая арматура и ее применение в строительстве». В докладе очень подробно представлены экологические преимущества предлагаемых решений.

В этом году в апреле исполняется 45 лет со дня начала строительства Байкало-Амурской железнодорожной магистрали (БАМ). Этому событию были посвящены доклады сотрудников ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», как генерального проектировщика тоннелей на БАМе.

Доклад «Основные научно-технические результаты проектирования и строительства тоннелей БАМ» сделал доктор технических





наук Николай Иванович Кулагин, советник генерального директора ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс». Он достаточно подробно рассказал об истории проектирования и строительства этой магистрали, начиная с позапрошлого века. Затем наступила новая эпоха с июня 1974 г., после Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР. «Ленметропроект» активно включился в изыскания и проектирование тоннелей БАМа, организовал в г. Северобайкальске филиал «Бамтоннельпроект». БАМ дал колоссальный опыт проектирования в любых самых сложных условиях, это огромный интеллектуальный потенциал в деле проектирования и строительства транспортных тоннелей в сложнейших инженерно-геологических и суровых природно-климатических условиях.

В своем докладе «Новые технологические и конструктивные решения, рожденные при строительстве тоннелей БАМ» доктор технических наук Константин Петрович Безродный, советник генерального по НИР ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» показал чрезвычайно сложные инженерно-геологические и природно-климатические условия по трассе тоннелей, трудности инженерно-геологических изысканий. Представил новые разработанные геофизические методы определения инженерно-геологических и гидрогеологических условий впереди забоя тоннеля, специальные способы стабилизации дезинтегрированных грунтов тектонических разломов при гидростатическом давлении до 5 МПа, конструкции сейсмостойких обделок.

В результате обсуждения доклада было принято решение о переиздании книги-отчета 1999 г. издания о тоннелях БАМа.

Еще о тоннелях БАМа был доклад кандидата технических наук Михаила Олеговича Лебедева, заместителя генерального директора ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», «Надежность тоннельных конструкций при эксплуатации Северомуйского тоннеля». Здесь было отмечено насколько важно вести комплексный мониторинг в период эксплуатации тоннелей. Для Северомуйского тоннеля показана на примере содержания дренажных систем необходимость инструментального контроля гидростатического давления и реанимации дренажных систем. Дано

предложение о необходимости подготовки транспортными вузами специалистов по эксплуатации тоннелей.

По окончании конференции прошли активные дебаты, в которых участвовали ведущие специалисты отрасли. В результате обсуждения рассмотренных докладов на конференции приняты следующие решения.

1. Обратиться в Министерство строительства России с предложением об изменении системы нормативных документов для проектирования метрополитенов и транспортных тоннелей.

2. Обратиться в транспортные вузы России с необходимостью подготовки специалистов по эксплуатации тоннелей.

3. В связи с тем, что книга-отчет по строительству тоннелей БАМа, изданная в 1999 г., стала библиографической редкостью, и появились новые материалы по строительству, эксплуатации и исследованиям этих тоннелей, рекомендуется подготовить и издать дополнительный вариант книги «Тоннели БАМ». Рекомендовать новую редакцию книги в качестве участника для транспортных вузов.

В рамках Конференции состоялось награждение победителей Конкурса им. С. Н. Власова на звание «Инженер года Тоннельной ассоциации России» по итогам работы 2018 года.

Победителями в Конкурсе признаны:

- в номинации инженер года в области проектно-конструкторских работ:

- Авдеев Евгений Анатольевич, начальник группы, АО «Метрогипротранс»;
- Коршунова Елена Борисовна, главный специалист ОКП-2, АО «Метрогипротранс»;
- Вечкилев Алексей Николаевич, начальник Шахтостроительного комплекса Талицкого ГОКа СМУ-680 ФГУП «УС-30»;

• Никоноров Роман Николаевич, главный инженер проекта ООО «НИЦ ТА»;

- в номинации инженер года в области строительства метрополитенов в Российской Федерации:

- Иванин Павел Геннадьевич, руководитель по проектированию дирекции метро-1, АО «Мосинжпроект»;
- Полянкин Александр Геннадьевич, главный специалист отдела научно-технического сопровождения строительства АО «Мосинжпроект»;

• Виноградов Максим Александрович, начальник группы ОКП-1, АО «Метрогипротранс»;

• Бочков Иван Анатольевич, заместитель начальника производственно-технического отдела ООО «Тоннельный отряд № 6 Мосметростроя»;

• Гельфенбейн Альберт Игоревич, горный мастер ООО «Тоннельный отряд № 6 Мосметростроя»;

• Арутюнян Аркадий Викторович, главный инженер УП «Минскметрострой»;

• Котельников Роман Евгеньевич, начальник производственно-технического отдела АО «Трансинжстрой»;

• Смирнова Ксения Владимировна, мастер горного участка АО «Трансинжстрой»;

• Прокофьев Андрей Вячеславович, заместитель начальника лаборатории АО «Мосметрострой»;

• Антипов Дмитрий Вячеславович, главный специалист службы качества АО «Мосметрострой»;

• Мацюта Галина Алексеевна, ведущий инженер ПрЭО АО «Мосметрострой»;

• Абрамова Мария Андреевна, ведущий инженер ООТЭБ АО «Мосметрострой»;

- в номинации инженер года в области строительства городских и горных автомобильных и железнодорожных тоннелей:

• Алиев Ариф Мамед Оглы, заместитель руководителя по проектно-сметным делам, Тоннельная ассоциация Азербайджана;

• Михайлов Алексей Петрович, главный специалист отдела ПОМ ОАО «Минскметрострой»;

• Исаков Андрей Михайлович, инженер I категории отдела ПТ ОАО «Минскметрострой»;

- в номинации инженер года в области молодых (до 30 лет) инженерные кадры научных, проектных, проектно-конструкторских и строительных организаций:

• Сиротин Илья Николаевич, главный инженер ШСУ ФГУП «УС-30»;

• Мазурин Сергей Сергеевич, ГИП ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»;

• Введенский Роман Владимирович, зав. лабораторией, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»;

• Симоненко Максим Владимирович, руководитель группы ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс».



О ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЛЕКСОВ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

С. В. Мазеин, Тоннельная ассоциация России

А. Ю. Долгих, Уральское региональное отделение Тоннельной ассоциации России

10 апреля 2019 г. в Уральском государственном горном университете состоялась очередная VI Международная конференция «Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений», организуемая раз в три года в Екатеринбурге. Организаторами конференции вместе с университетом выступили: правительство Свердловской области, администрация г. Екатеринбурга, Тоннельная ассоциация России, институт горного дела УрО РАН, ЕМУП «Екатеринбургский метрополитен», ОАО «Уралгипротранс».

Прошедшая конференция, посвященная современным проблемам проектирования и строительства подземных сооружений, предварялась приветственным письмом В. В. Старкова, Министра транспорта и дорожного хозяйства Свердловской области, который отметил, что регулярно проводимые в Екатеринбурге при непосредственном участии Уральского государственного горного университета (УГГУ) и Уральского отделения Тоннельной ассоциации России научно-практические конференции по освоению подземного пространства вносят весомый вклад в развитие теории и практики шахтного и подземного строительства в регионе и в России в целом.

В конференции приняли участие ученые и специалисты из крупных городов России – Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Тулы, Кемерово, Перми. Были также заявлены доклады из Ростова-на-Дону, Новокузнецка, Красноярска и Новосибирска, а также из Минска (Беларусь), Донецка (Украина) и Рудного (Казахстан), что придало конференции статус международного мероприятия.

Основные тематические направления конференции – освоение и рациональное использование подземного пространства урбанизированных территорий, а также технология строительства и эксплуатация подземных сооружений и горных предприятий.

По материалам конференции выпущены печатные труды [1]. Благодарим всех участников данного мероприятия и кратко знакомим тоннельное профессиональное сообщество с тематикой прозвучавших докладов.

Профессор ТулГУ, г. Тула, С. В. Анциферов сделал доклад на тему «Метод определения напряженного состояния обделок параллельных тоннелей, сооруженных вблизи склона». В основу разработанного в ТулГУ аналитического метода расчета обделок параллельных тоннелей, сооружаемых закрытым способом вблизи горного склона, были положены результаты математического моделирования напряженного состояния элементов геомеханической системы «обделка комплекса параллельных тоннелей – массив грунта с наклонной поверхностью». Метод позволяет в полной мере учесть влияние уг-



ла наклона, взаимное расположение и расстояние между осями тоннелей на напряжения, возникающие в обделках тоннелей. С использованием программы, реализующей разработанный метод расчета, выполнено исследование напряженного состояния обделок параллельных тоннелей, сооруженных закрытым способом вблизи склона, при действии гравитационных сил.

В другом докладе С. В. Анциферова «Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния геомеханической системы «массив грунта – обделка тоннеля – защитный экран из труб» приводятся основные положения, принятые при математическом моделировании формирования напряженно-деформированного состояния массива грунта и обделок тоннелей, сооружаемых с использованием защитного экрана из труб. Предлагаемая модель позволяет с использованием математического аппарата теории комплексных потенциалов Колосова-Мухелишвили получить строгое решение соответствующей задачи теории упругости. Решение будет положено в основу разрабатываемого аналитического метода расчета обделок тоннелей, сооружаемых закрытым способом с применением опережающего укрепления массива грунта с помощью труб.

Профессор А. С. Саммаль из ТулГУ, г. Тула, выступил с докладом на тему «Учет влияния укрепительной цементации пород при проектировании обделок параллельных подводных тоннелей», где предложен метод расчета обделок комплексов параллельных подводных тоннелей произвольного поперечного сечения, сооружаемых с применением укрепительной цементации окружающих выработки пород, как в предположении их полной водонепроницаемости, так и с учетом некоторой фильтрации воды внутрь тоннелей. Метод базируется на аналитических решениях ряда соответствующих плоских задач теории упругости для весомой полуплоскости, ослабленной произвольными расположенными нескрутовыми отверстиями, моделирующими зоны укрепленных пород и обделки тоннелей. Реализованный в виде компьютерного программного комплекса метод предназначен для применения в практическом многовариантном проектировании подводных тоннелей. Приводятся примеры расчета.

В другом докладе «Учет влияния границы раздела слоев пород при расчете подземных сооружений» профессор А. В. Саммаль предложил новый аналитический метод расчета обделок подземных сооружений, сооружаемых

мых вблизи границы раздела двух типов пород, обладающих различными деформационными характеристиками. Метод основан на соответствующем решении плоской задачи теории упругости для бесконечной весомой среды, составленной из двух слоев, выполненных из различных материалов, ослабленной вблизи границы раздела подкрепленным круговым отверстием. Полученное решение базируется на применении теории аналитических функций комплексного переменного, свойств интегралов типа Коши и комплексных рядов. На основе сравнительного анализа результатов математического моделирования в соответствии с предложенным методом и расчета с использованием программного комплекса, реализующего МКЭ, сформулированы рекомендации по формированию соответствующих компьютерных моделей.

П. В. Деев из ТулГУ сделал доклад «Построение огибающих эпюр напряжений при расчете тоннелей мелкого заложения на сейсмические воздействия», где рассматривается вопрос построения огибающей эпюр по максимальным значениям сжимающих и растягивающих напряжений при расчете обделки тоннеля мелкого заложения на сейсмические воздействия землетрясений. Определено минимальное число рассматриваемых направлений распространения волн и моментов времени, позволяющее выполнить расчет обделки на сейсмические воздействия с достаточной точностью, и приведен пример расчета.

М. О. Лебедев, зам. генерального директора «НИПИИ «Ленметрогипротранс», Санкт-Петербург, доложил работу на тему «Напряженно-деформированное состояние обделки транспортного тоннеля при строительстве и эксплуатации», где отметил, что при очевидных недостатках визуального осмотра внутренней поверхности обделки транспортных тоннелей для оценки ее технического состояния имеется альтернативный метод – использование контрольно-измерительной аппаратуры, размещаемой в обделках при строительстве тоннелей в составе горно-экологического мониторинга. В работе приведен пример реализации горно-экологического мониторинга в части контроля напряженно-деформированного состояния обделки при строительстве железнодорожного тоннеля и последующему оснащению тоннеля автоматизированной системой геотехнического мониторинга, входящей в систему АСУ ТП (автоматизированная система управления технологическими процессами). Приведены результаты контроля напряженно-деформированного состояния обделки при эксплуатации тоннеля, позволяющие выполнять прогноз технического состояния тоннеля.

А. А. Панжин из ИГД УрО РАН, Екатеринбург, сделал доклад «Деформационный мониторинг воздействия строительства метрополитена на здания и сооружения». Актуальность темы заключается в том, что при строительстве подземных выработок метрополитена периодически возникают аварийные деформа-



Выступает Петр Вячеславович Деев, ТулГУ, г. Тула

ции зданий. Выделены основные факторы, связанные с формированием мульды сдвижения и деформации поверхности: дренирование вышележащих пород и непосредственное формирование выработок метрополитена. Приведены геомеханическая модель и методика расчета сдвижений земной поверхности и массива горных пород. Поскольку прогноз воздействия строительства и эксплуатации метрополитена на окружающие объекты городской инфраструктуры представляет собой сложную задачу, обозначены методики проведения инструментального мониторинга за деформациями земной поверхности, зданиями и сооружениями, находящимися в зоне влияния строительства метрополитена. Для проведения исследований использовались методы спутниковой геодезии GPS, для контроля изменений напряженно-деформированного состояния, и методы наземного лазерного сканирования для контроля геометрических элементов зданий и сооружений.

Ф. С. Бурака из «НИПИИ «Ленметрогипротранс», Санкт-Петербург, в своей работе на тему «Напряженно-деформированное состояние железобетонных обделок шахтных стволов, сооружаемых под защитой ограждающих конструкций в Санкт-Петербурге» сообщил, что за последние 15 лет в городе при проходке некоторых шахтных стволов применяется новая технология. Строительство производится в железобетонной обделке, под защитой ограждающих конструкций. В качестве ограждающих конструкций применяется «стена в грунте», различающаяся несколькими способами сооружения. При строительстве для осуществления непрерывных наблюдений за состоянием системы «массив – обделка» применяется система геотехнического мониторинга. С помощью струнных деформометров, установленных на внешнем и внутреннем контурах обделки, определяются величины нормальных и тангенциальных напряжений. Производится ис-

Выступает Михаил Олегович Лебедев, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»





Выступает Сергей Валерьевич Мазейн, Тоннельная ассоциация России, Москва

Участники конференции

следование напряженно-деформированного состояния обделки. Геотехнический мониторинг позволяет контролировать и при своевременных мероприятиях (разрабатываемых на основании результатов мониторинга) минимизировать влияние горных работ на окружающую среду и повышает безопасность горнопроходческих работ.

Д. Л. Бурин из ГУП «Петербургский метрополитен», Санкт-Петербург, представил работу «Актуальные проблемы эксплуатации вентиляционных стволов на линиях Петербургского метрополитена». Стволы вентиляционных шахт обеспечивают воздухообмен в перегонных тоннелях и на станциях метрополитена, служат для дымоудаления при пожаре, а также могут выполнять функции эвакуации пассажиров в чрезвычайных ситуациях. В условиях Санкт-Петербурга многие вентиляционные стволы в зимний период работают в режиме нагнетания свежего воздуха, что обуславливает одну из проблем – промерзание обделки. Поддержание конструкций стволов в надлежащем техническом состоянии и обеспечение их эксплуатационной надежности имеет важное значение.

С. В. Мазейн, зам. руководителя Исполнительной дирекции Тоннельной ассоциации России, сделал доклад «Возможности мониторинга бентонитового пригруза ТБМ на строящихся участках Московского метрополитена», в котором содержатся выборочные результаты мониторинга показателей осевого усилия на привод ротора тоннельной буровой машины. Оценена возможность определять текущее давление от грунта и компенсировать его давлением бентонита. Выявлено, что для проходки в песчаных грунтах достаточно соблюдать значение коэффициента превышения компенсации больше 1 для противодействия смещению грунтового забоя при простое щита. Отмечено, что при проходке в глинистых грунтах возникает перенасыщение бентонитового раствора глинистыми частицами, снижающее качество бентонитовой корки для удерживания забоя.

А. Е. Балек из ИГД УрО РАН, Екатеринбург, выступил с докладом «Учет процессов современной геодинамики при строительстве и эксплуатации подземных сооружений», где

на основе анализа современных модельных представлений о природном напряженно-деформированном состоянии массива горных пород обосновано, что ключевым фактором формирования поля напряжений в породном массиве являются процессы современной геодинамики. При этом главным фактором выделения структурного блока, вне зависимости от его масштабного иерархического уровня, выступает способность формирующихся блок структур более мелкомасштабных иерархий реагировать на внешнее силовое воздействие как единое целое. На данной основе усовершенствована методика поэтапного построения модели геомеханического состояния системы «подземное сооружение – вмещающий породный массив», предусматривающая задание граничных условий посредством суперпозиции напряжений и деформаций, получаемых путем решения упругой задачи в статической постановке на трех пространственно-временных масштабных уровнях, отражающих современные геодинамические движения трех иерархий структурных элементов горного массива:

- крупномасштабных литосферных блоков (поперечные размеры в сотни – тысячи километров), определяющих напряженно-деформированное состояние региона;
- структурных блоков рудного поля (размеры порядка сотен метров), определяющих напряженно-деформированное состояние участков недропользования;
- структурных блоков приконтурного породного массива (размеры порядка нескольких дециметров), определяющих напряженно-деформированное состояние геотехнической системы «подземное сооружение – вмещающий породный массив».

Д. В. Прищета из УГТУ, Екатеринбург, представил работу на тему: «Исследование устойчивости подземных выработок на основе моделирования трещиноватых породных массивов», в которой отметил следующее. Противоречивые рекомендации нормативных документов (СП, СНиП) обуславливают необходимость творческого решения задачи обеспечения устойчивости подземных горных выработок. В общем случае эта задача будет решена путем определения напряженно-деформи-

рованного состояния вмещающего породного массива и его прочностных и деформационных характеристик. Прочностные и деформационные характеристики породного массива предлагается определять на основе лабораторных испытаний горных пород и фрактального анализа трещиновой структуры. Напряженно-деформированное состояние трещиноватых породных массивов целесообразно определять путем реализации метода конечных элементов. А в качестве меры неровностей контура горной выработки, обусловленных реальным производством буровзрывных работ, следует использовать фрактальный коэффициент формы.

После каждого доклада следовало его обсуждение с исчерпывающими ответами на вопросы. Обмен мнениями показал, что участники обсуждений остались равнодушными к решениям проблем с расчетами взаимодействий грунтового массива и подземных сооружений, с особенностями геотехнического мониторинга, с эксплуатацией вертикальных и горизонтальных выработок.

Подводя итоги конференции, ее ведущий, декан горно-технологического факультета Уральского государственного горного университета М. Н. Волков горячо поблагодарил ее активных участников и заверил, что традиция проведения уральских конференций, заложенная при участии Тоннельной ассоциации России еще на заре XXI века, будет продолжаться.

Задачи по освещению тематики конференции в целом выполнены. Перспективы тоннелестроения в Уральском регионе связываются в настоящее время со строительством 2-й линии Екатеринбургского метрополитена, куда российские ученые и преподаватели вузов, проектировщики и строители подземных сооружений могут приложить свои интеллектуальные силы.

Список литературы

1. Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений: Труды VI Международной конференции, Екатеринбург, 10–11 апреля 2019 г. / Редакция: М. Н. Волков (ответств. за выпуск) и др. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2019. 303 с. ISBN 978-5-8019-0397-2.



Коллективу УП «МИНСКМЕТРОСТРОЙ»

Уважаемые коллеги!

Сегодня метро- и тоннелестроители России вместе с вами отмечают знаменательную дату – 40-летний юбилей вашей замечательной организации, на плечи которой легла такая почетная и ответственная задача, как строительство Минского метрополитена.

Минский метрополитен стал девятым метрополитеном на территории бывшего СССР, и мы с удовлетворением отмечаем, что в семидесятые годы прошлого века – годы формирования и становления вашей организации, метростроители всех городов бывшего СССР встали вместе с вами плечом к плечу и активно участвовали в решении поставленных перед минскими метростроителями задач, в результате чего – уже к концу июня 1984 г. была пущена в эксплуатацию 1-я линия Минского метрополитена от ст. «Институт Культуры» до ст. «Московская». Это событие стало экзаменом на зрелость для вашего молодого коллектива, и вы успешно справились с поставленной перед вами задачей – жители Минска к 40-летию освобождения столицы Республики Беларусь от фашистских захватчиков получили прекрасный и долгожданный подарок – свой метрополитен.

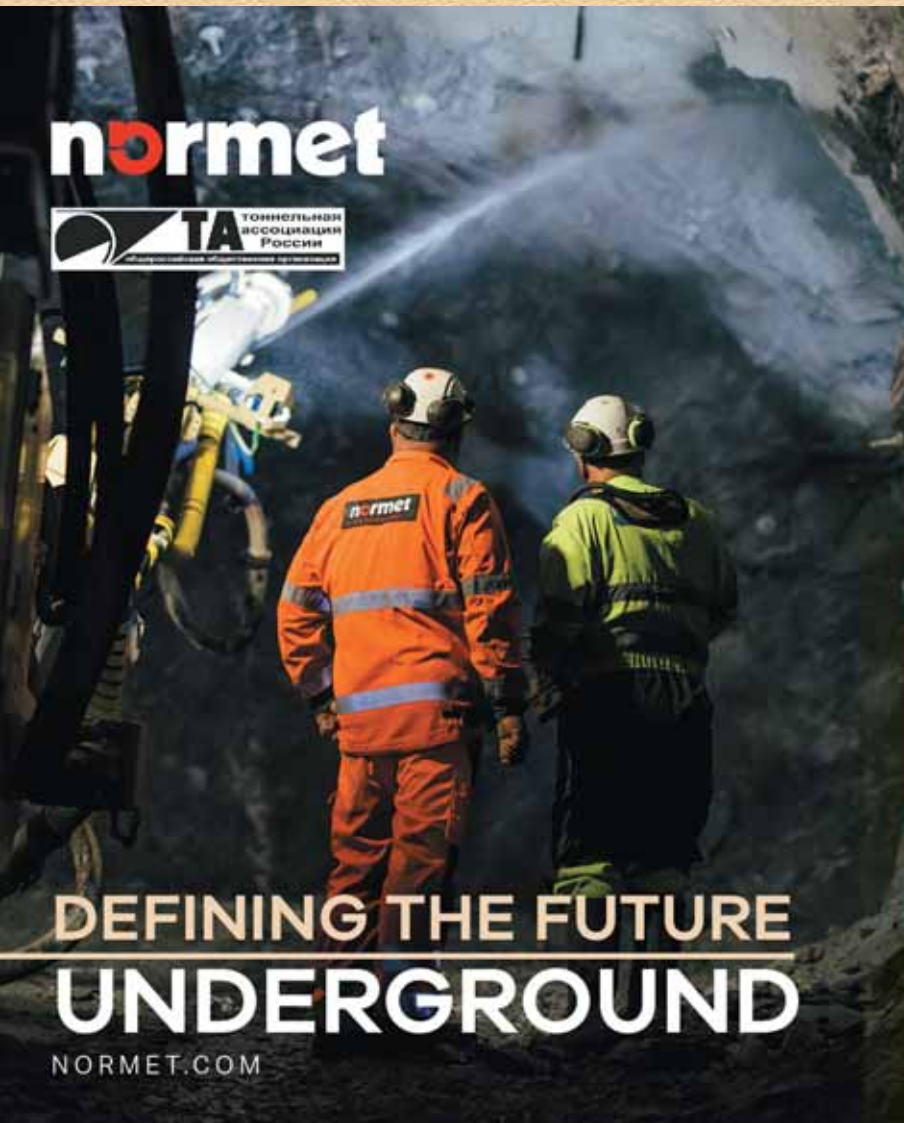
Начало двухтысячных годов ознаменовалось для вашего коллектива полным техническим перевооружением производства. Организацией успешно освоены все самые современные технологии ведения подземных работ, вместе с проектными организациями выработаны свои подходы к разработке архитектурно-планировочных решений станций метрополитена. Станции Минского метрополитена не только удобны для пассажиров, но и радуют их своим белорусским национальным колоритом и яркими красками. Вам есть чем гордиться. Вашими руками создан и продолжает постоянно развиваться самый удобный и надежный вид городского транспорта, по праву ставший одной из самых ярких достопримечательностей вашего удивительно красивого города.

В настоящее время УП «МИНСКМЕТРОСТРОЙ» является одной из крупнейших строительных организаций Республики Беларусь и играет ведущую роль в развитии Минского метрополитена. При этом нам хотелось бы отметить и тот факт, что ваша организация активно участвует в продвижении такого важного и перспективного направления в современной градостроительной деятельности, как комплексное освоение подземного пространства города.

От имени всех метро- и тоннелестроителей России поздравляем коллектив Минскметростроя с 40-летним юбилеем! Желаем вам, уважаемые коллеги, дальнейших производственных успехов в развитии транспортной инфраструктуры столицы Республики Беларусь.

*Председатель правления Тоннельной ассоциации России
Руководитель Исполнительной дирекции Тоннельной ассоциации России*

*К. Н. Матвеев
А. Б. Лебедев*



ООО «Нормет»
и Тоннельная ассоциация России

**приглашают вас принять участие
в конференции
«Современные технологии
подземного строительства»**

4 июня 2019 г.
с 09:00 до 17:30

по адресу: Москва, Русаковская улица, д. 24,
гостиница Holiday Inn Sokolniki, конференц зал «Арбат»

Участие бесплатное

Программа конференции

Вторник 4 июня 2019 г.
Регистрация участников 09:00

Утренняя сессия I
**Современные технологии и опыт строительства
тоннелей механизированным способом**
09:30–12:15

Деловой обед 12:15–13:15

Дневная сессия II
**Современные технологии
и опыт строительства тоннелей NATM**
13:15–18:15

Дружеский ужин

Президиум конференции:
члены ТАР и ИТА

С наилучшими пожеланиями,
компания «Нормет»

**DEFINING THE FUTURE
UNDERGROUND**

NORMET.COM

МИНСКМЕТРОСТРОЮ – 40 ЛЕТ



История Минского метро уходит своими корнями в конец 1960-х, когда у столичных архитекторов появилась мысль о создании нового вида транспорта в столице советской Белоруссии.

Минск столкнулся с типичной проблемой многих крупных городов. Существовавшая дорожная транспортная сеть перестала справляться с многократно возросшими нагрузками на нее. Было предложено три способа решения транспортной проблемы: автобус-экспресс, скоростной трамвай и метрополитен.

Создавали метро в городах, где население превышает миллион человек. Поэтому правительство БССР всеми средствами стимулировало увеличение населения Минска. Для этого был создан ряд льготных условий по переселению сельского населения в столицу. В 1975 г. в Минске родился на свет миллионный житель.

4 февраля 1977 г. Советом Министров СССР принято постановление «О строительстве метрополитена в городе Минске». И уже 3 мая 1977 г. было начато его строительство. 4 ноября 1977 г. со строительной площадки будущей станции метро «Парк Челюскинцев» начаты работы по проходке тоннелей.

Для этих целей в Минск был перебазирован Тоннельный отряд № 1, который выполнял сооружение железнодорожного тоннеля Северо-Кавказской железной дороги на линии Краснодар – Туапсе, и был самым опытным подразделением метростроителей в со-

юзе. Для метростроителей были созданы самые удобные условия работы, при переезде они были обеспечены жильем в рамках городской программы.

При строительстве Минского метрополитена применяли самые современные техно-





логии того времени. Проходка тоннелей велась двумя проходческими комплексами ТЩБ-7 для сооружения тоннелей способом пресс-бетона.

Щиты были разработаны Ясиноватским машиностроительным заводом и носили серийные номера № 1 и № 3. Они были способны осуществлять проходку тоннелей со скоростью до 15 м в сутки.

Также при строительстве Минского метрополитена применялись проходческие комплексы КТ-5.6 Б2, ЩН-17, ЩХ, ЩН-1С. В настоящее время строительство тоннелей ведет механизированный тоннелепроходческий комплекс «Алеся» производства Bessac TBM.

Современная схема метрополитена в городе Минске насчитывает две линии, в перспективе их должно стать четыре, с одной кольцевой линией и девятью пересадочными станциями.

Первая линия пересекает Минск с северо-востока на юго-запад и почти целиком проходит под главной магистралью города, проспектом Независимости. Линия имеет протяженность 19,1 км и включает в себя 15 станций.

Вторая ветка метрополитена ведет свою историю с 1981 г. Была открыта 31 декабря 1990 г. в составе пяти станций. Сегодня

ее длина 18,1 км и она включает в себя 14 станций.

В настоящее время ведется строительство третьей линии метро. Линия будет иметь длину 17,2 км и насчитывать 14 станций. Третья линия метро станет самой глубокой линией города. Первый участок планируется сдать в 2020 г.

Специалистами ОАО «Минскметропроект» ведется проектная проработка четвертой линии метрополитена. На основании генерального плана г. Минска разработана «Комплексная транспортная схема», частью которой является «Схема развития Минского метрополитена». По плану Минский метрополитен будет состоять из четырех линий общей протяженностью 77,1 км и насчитывать 58 станций.

Исторические находки

В процессе сооружения котлованов были обнаружены интересные находки. При строительстве открытого участка тоннеля на перегоне между станциями «Борисовский тракт» – «Уручье» были найдены останки реликвового лесного слона, возраст которых составил 120 тыс. лет.

При строительстве станции «Вокзальная» найден клад – золотые монеты времен Николая II. При строительстве первой очереди ча-

стыми находками становились керамические сосуды и предметы утвари.

На станции «Институт культуры» часть свай попала в подземную выработку военных лет, где был обнаружен большой склад боеприпасов. Так в создание Минского метро включились саперы.

При сооружении станции «Немига» был вскрыт культурный пласт, где когда-то находился деревянный Минский замок. В связи с этим, строительство было приостановлено для проведения археологических раскопок. Однако специалисты изменили проект станции, сделали более компактной, и строительство линии было продолжено. Часть исторических находок нашла свое отражение в архитектуре станции. В высоком двухсветном нефе, на уровне бывшего русла реки Немиги подвешена объемно-пространственная композиция «Ладья», по замыслу авторов символизирующая «Движение» и «Время». Отделка станции деревом, оформление пешеходного перехода под улицей Богдановича, которое вдохновлено торговыми рядами бывшего Нижнего рынка, когда-то находившегося в этом месте, – все это должно было лишний раз подчеркивать связь современного метрополитена с историческим наследием.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЯДОВ ДИНАМИКИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ОБЪЕКТОВ МЕТРОСТРОЕНИЯ

THE USE OF TIME SERIES FOR FORECASTING AND MANAGEMENT OF TECHNICAL AND ECONOMIC CHARACTERISTICS OF THE OBJECTS IN SUBWAY CONSTRUCTION

Д. М. Мутушев, канд. физ.-мат. наук, Российский университет транспорта (МИИТ)

D. M. Mutushev, Russian University of transport (MIIT)

Рассматриваются вопросы прогнозирования и управления процессами оптимизации экономических, а также технических и эксплуатационных показателей объектов метростроения на основе исследования и адаптации к заявленной проблеме рядов динамики. Обосновываются методические подходы к разработке алгоритмов и принятию оптимальных управленческих решений в отношении объектов метростроения с использованием геометрических свойств количественных моделей.

In the article considers the issues of forecasting and management of processes optimization of economic, technical and operational performance of facilities in metro construction based on the study and adaptation to the problem time series. Substantiates methodical approaches to the development of algorithms and optimal decision-making in relation to the objects of concrete using geometric properties of quantitative models.

Службы метрополитена, планируя работы по ремонту пути, обновлению парка подвижного состава и прочего, должны учитывать сезонные, недельные, суточные колебания пассажиропотоков. Та же ситуация имеет место при разработке графика выпуска на линию поездов метрополитена.

Перед руководством региона и отрасли стоит еще более сложная задача: обоснование предложений и организация строительства новых линий метрополитена, объектов инфраструктуры и др. Ошибки в прогнозировании здесь чреваты миллиардными потерями.

Все подобные решения опираются на статистику. Имея данные о значениях неких величин в прошлом, строятся прогнозы о будущем. Способы такого прогнозирования, как и параметры, исследуемые при этом, относятся к специфике каждого исследуемого процесса. Однако есть и определённые общие принципы. Существует соответствующая теория, имеется терминология, рассчитываются общепринятые аналитические показатели [1].

Ни одна теория не остаётся застывшей на протяжении продолжительного периода. В нашей работе [2] обосновано, что во многих областях развитие науки и техники осуществляется своеобразными циклами, являющимися мощным фактором ускорения научно-технического прогресса. С учетом устойчивого курса на внедрение в транспортной отрасли цифровых технологий, задача оптимизации алгоритмов, построения оптимального программно-математического обеспечения средств информатизации и систем автоматизированного управления приобретает особую актуальность.

В этой связи представляется целесообразным рассмотреть вопросы прогнозирования и управления экономическими, техническими и эксплуатационными характеристиками объектов метростроения с помощью использования рядов динамики, применив к ним средства математического анализа и геометрии.

Как известно, моментные ряды динамики [3] отображают состояние исследуемых процессов в определенных точках на оси времени. Такие процессы изображают в виде линейных графиков.

Интервальные ряды динамики отображают итоги развития или функционирования исследуемых процессов за отдельные периоды времени.

Таким образом, оба понятия: «точка» (время, в которое заканчивается интервал) и «интервал» (промежуток между двумя точками) явно или неявно используются и в моментных и в интервальных рядах. После того, как данные собраны, интервал ряда может быть увеличен, если того требуют исследовательские процедуры. При этом из моментного ряда просто исключаются промежуточные точки, попавшие внутрь расширенного интервала. В случае интервального ряда, показания меньших интервалов, составивших увеличенные, должны быть сложены. Так, например, имея почасовой график числа пассажиров, входящих на станцию метро, можно сжать его в дневной, недельный и т. д.

График динамического ряда неизбежно содержит или тренд, или циклические колебания, или случайные выбросы, или всё вместе. Складываясь, эти элементы создают отдельные локальные участ-

ки, развивающиеся по своему собственному закону. Также неизбежно одни участки заканчиваются, переходя в другие, имеющие свойства, отличные от предыдущих. Общая картина представляет собой множество геометрических фигур, которые могут анализироваться в целях идентификации характерных паттернов (шаблонов) и вычисления их ключевых параметров.

В настоящей работе формулируется ряд методических рекомендаций, основанных на геометрических свойствах отдельных участков исследуемого динамического ряда. Указанные рекомендации помогут определять:

- ближайшее направление изменений значений элементов ряда;
- силу ожидаемого изменения;
- продолжительность (срок) сохранения ожидаемого направления;
- период релевантности сделанного прогноза.

В рамках данной работы понятия «период», «срок» и т. д. хотя и сохраняют смысл единиц времени, измеряются исключительно в числе интервалов, в которых собираются показания значений ряда.

Рассмотрим возможности геометрических методов на примере (рис. 1).

Можно выделить следующие локальные участки:

- тренд по линии AB;
- опережение тренда BC;
- возврат к тренду CD.

Ключевой для прогнозирования момент ожидается в точке «Е», где возможны следующие варианты развития:

- отскок от линии тренда в сторону его продолжения (вверх);
- пересечение линии тренда с развитием движения CD, которое может привести к завершению текущего тренда и даже к формированию противоположного.

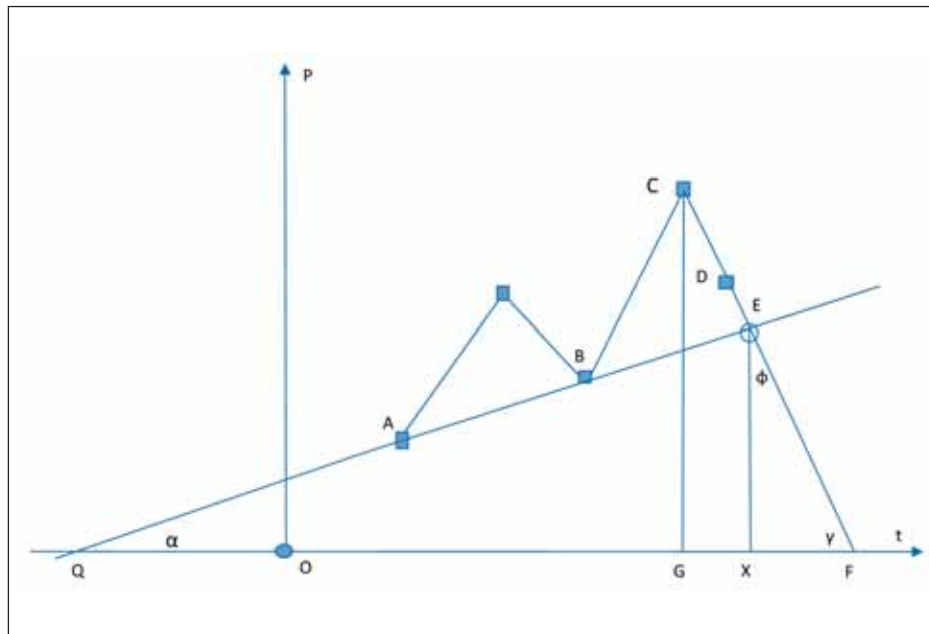


Рис. 1

В такой ситуации управляющего, который готовится принять те или иные решения в ключевые моменты процесса, который он контролирует (а под термином «управляющий» следует понимать не обязательно человека, но и средства информатизации и автоматизированного управления), интересует, в первую очередь, срок ожидания до наступления таких ключевых моментов.

Имея данные о том, как развивался процесс ранее и как изменилось его движение в последнее время, можно попытаться этот срок рассчитать в ближайшей перспективе. Простые алгебраические формулы позволяют вычислить угол наклона линии AB к оси времени (а все процессы развиваются именно во времени, нельзя об этом забывать) и угол линии CD.

Имеем для точки «Е» на рис. 1:

$$P_E = \operatorname{tg} \alpha \cdot t_E + P_A - \operatorname{tg} \alpha \cdot t_A = \operatorname{ctg} \varphi \cdot t_E + P_D - \operatorname{ctg} \varphi \cdot t_D.$$

Отсюда:

$$t_E = (P_D - P_A + \operatorname{tg} \alpha \cdot t_A - \operatorname{ctg} \varphi \cdot t_D) / (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{ctg} \varphi),$$

а интересующее нас время от текущего момента до ожидаемого:

$$t_E - t_D = (P_D - P_A + \operatorname{tg} \alpha \cdot (t_A - t_D)) / (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{ctg} \varphi).$$

Полученный результат вычислений не является точной целью, но служит важным ориентиром. Каждая точка на графике – случайная величина, результат множества вкладывающихся процессов. Если вдруг значения в ряду устремятся к линии тренда быстрее, чем следовало бы (уменьшается угол φ), это означает усиление движения в противоположную сторону и повышает риск про-

Таблица 1

Субъект	Процесс	Срок	Результат
Регион	Социологические и экономические исследования	Месяцы	Принятие решения о строительстве линии метро
Трест (институт), выполняющий инженерно-строительные изыскания	Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания	Месяцы, год	Выдача предложений по трассе планируемой линии метро
Проектный институт	Разработка проекта и представление его на государственную экспертизу	Годы	Соответствие проекта требованиям технического задания заказчика, нормативным документам
Региональный орган государственной экспертизы	Рассмотрение проекта, выдача замечаний	Недели	Утверждение проекта после устранения замечаний
Строительно-монтажная организация	Выполнение строительно-монтажных работ согласно проекту	Годы	Создание запланированной линии метро
Заказчик	Приёмка выполненных работ	Недели	Решение государственной комиссии о вводе построенной линии метро в эксплуатацию

Таблица 2

Субъект	Показатель	Интервал	Процесс
Строительно-монтажная организация	Построенный путь (км), открытые станции (шт.)	Поквартально	Новое строительство (макро)
Транспортная компания	Единицы подвижного состава (новые минус списанные) (шт.)	Поквартально	Эксплуатация (мини)
Транспортная компания	Выполненные рейсы (км)	Месяц, неделя	Эксплуатация (мини)
Пассажир	Поездка в метро	Минуты	Разовая поездка (мини)

боя и формирования противоположного тренда. Если медленнее, то это ослабит значимость тренда, как такового, т. к. будет означать переход к стабилизации около достигнутого уровня.

Необходимо иметь в виду, что многие процессы, порождающие ряды динамики, имеют определённую цикличность. На транспорте бывают часы пик, в ночные часы поезда метро не ходят, по выходным дням меньше едущих на работу и т. д. Следовательно, целесообразно составлять динамический ряд только из данных, собранных в одинаковых условиях.

Примеры:

- температура воздуха в 12:00 1-го марта по годам на одном и том же пикете перегона метрополитена;

- число людей, вошедших на некоторую конечную станцию метро с 8:00 до 10:00 утра по будним дням.

Отсюда вытекает следующее:

- значение каждого элемента в ряду есть итог многих однотипных независимых мини-процессов, каждый из которых носит случайный характер (назовём их вкладывающие процессы). Количество таких процессов велико настолько, что влияние любого из них на общий итог пренебрежимо мало;

- воздействующие макропроцессы отсутствуют или редки;

- при наличии макропроцессов объектом их воздействия является не исследуемый показатель, а вкладывающие процессы. Срок воздействия того же порядка, что и весь срок исследования;

- значение последующих элементов в ряду складывается независимо от значения предыдущих, как итог новых, происшедших к соответствующему моменту времени мини-процессов.

Так, ежедневная поездка пассажира на том или ином виде транспорта – это вкладывающие мини-процессы. Открытие новой станции метро – это макропроцесс.

Рассмотрим цепочку этапов, из которых складывается создание нового участка метрополитена (табл. 1).

Как видим, никакой из этапов не носит регулярного повторяющегося характера, чтобы быть измеренной величиной. Не может быть определена и периодичность. Процессы, позволяющие фиксировать итоги за период, происходят ближе к этапу ввода в эксплуатацию (табл. 2).

Транспорт – это область, где суммарные действия большого числа независимых субъектов играют большую роль. Как правило, в больших агломерациях маршруты дублируются несколькими видами транспорта, загрузка которых варьируется в зависимости от потребностей пользователя. По-

требности эти также находятся под влиянием конкретных целей и условий каждого пользователя (пассажира). Так, возможны перераспределения потоков между автобусами и электропоездами пригородного сообщения, метро и наземным транспортом в зонах узловых пересадок, между маршрутами троллейбусов и трамваев и т. п.

В качестве макропроцессов могут выступать строительство новых районов, открытие новых станций метро, перемещение крупных предприятий, изменение тарифов на проезд. Вкладывающий мини-процесс здесь – планирование маршрута каждым отдельным индивидуумом.

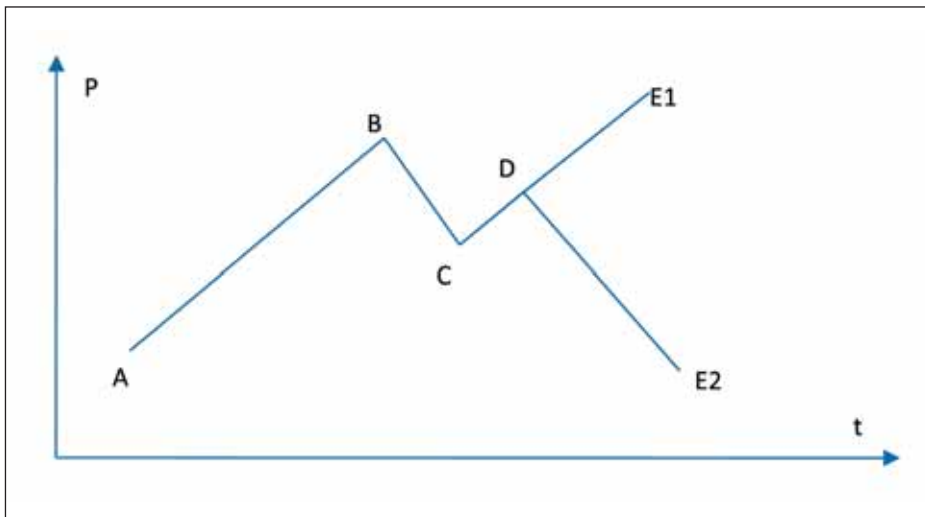
Прогнозирование здесь важно начиная от определения единиц метро и автобусов на маршруте в часы пик, и далее для транспортных компаний при закупке новых единиц подвижного состава, а в конечном итоге – региональным властям при проведении градостроительной политики: проектировании дорог, создании ТПУ, выдачи лицензий перевозчикам.

Горизонт прогнозирования также зависит от глубины исследования [4] и ширины используемых интервалов. Выбор между строительством еще одной станции метро и прокладкой шоссе можно сделать, анализируя недельный транзит через конечную станцию за несколько лет при условии относительно стабильной плотности населения в радиусе строительства. В быстрорастущем районе прогнозирование будет невозможно из-за недостатка сравнимых наблюдений.

Традиционные способы прогнозирования в той или иной степени основываются на методах экстраполяции имеющихся данных. Некоторые модели делят данные на устаревшие и свежие [1]. Но все эти методы используют исключительно алгебраические формулы, строят полиномиальные, экспоненциальные и иные приближения, подстраивая для оптимизации лишь отдельные параметры.

Безусловно, такой подход полностью согласуется с общепринятым принципом, когда главной задачей является нахождение глобальной зависимости процесса от имеющихся условий. На практике же, особенно учитывая особенности предметной области

Рис. 2



ти, такая зависимость существует далеко не всегда. Более того, слишком широкие обобщения могут навредить делу, если необходимо принимать решения по принципу «здесь и сейчас».

Самый распространённый вид динамических рядов носит название «Случайное блуждание» [5]. Это означает, что каждый последующий элемент ряда отличается от предыдущего на некоторую непредсказуемую случайную величину.

$$X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t$$

при $\text{Sum}(\varepsilon_t) \rightarrow 0$, когда $t = 1..n$, $n \rightarrow \infty$.
 $\text{Cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = 0$, $s \neq t$.

Существенным требованием для того, чтобы считать значения ряда случайными, является равенство нулю математического ожидания отклонения между соседними элементами $\mu(\varepsilon_t) = 0$. Это соблюдается тем точнее, чем длиннее история наблюдений. Однако практически всегда находятся отдельные локальные участки ряда, на которых это не так, и $\text{Sum}(\varepsilon_t) \neq 0$, когда $t = t_1..t_2$.

Эти участки и представляют интерес в настоящем исследовании в силу того, что для любой предметной области отклонение текущей ситуации от стабильной является основанием для принятия немедленных управленческих решений. В дальнейшем такие локальные участки будем называть «движениями».

Фактически, весь динамический ряд состоит из движений. Более того, движение отсутствует на некотором участке $t_1..t_2$ тогда и только тогда, если $X_{t_1} = X_{t_1+1} = \dots = X_{t_2}$ или, иными словами, $\varepsilon_{t_1} = \varepsilon_{t_1+1} = \dots = \varepsilon_{t_2} = 0$.

В противном случае, даже для двух соседних элементов X_t и X_{t+1} если $\varepsilon_{t+1} \neq 0$, то можно сказать, что значение «сдвинулось».

Понятно, что весь динамический ряд разделён на сменяющие друг друга движения в ту и другую стороны. При этом имеются точки, представляющие по аналогии с графиками функций локальные экстремумы на графиках динамических рядов.

Отметим следующие свойства таких локальных экстремумов:

- чередование локальных минимумов с максимумами;
- расстояние между экстремумами по оси времени может быть любым;
- расстояние между экстремумами по оси значений также может быть любым.

Когда в ходе исследования найдены точки локальных экстремумов на графике динамического ряда, может оказаться, что для некоторых, подряд идущих одноименных экстремумов выполняется условие $X_{t_1} < X_{t_2} < X_{t_3} < \dots < X_{t_k}$ если все они минимумы или $X_{t_1} > X_{t_2} > \dots$ если максимумы. Подобная последовательность носит название «тренд». В первом случае тренд растущий, во втором – падающий.

По точкам экстремумов, образующих тренд, можно построить линейную зависимость. Угловой коэффициент этой линии будет определять «силу» тренда.

Для того чтобы собирать статистический материал для изучения и прогнозирования,

необходимо уметь разделять последовательные движения. Но какой силы должно быть движение, чтобы выделять его в качестве такового? Самый простой случай, сигнализирующий управляющему о возможном изменении в наблюдаемом процессе, может быть изображен в виде комбинации движений.

Приведённая иллюстрация может относиться, например, к числу пассажиров, пересаживающихся с электрички на метро на одной из периферийных станций крупного города. Предположим, что на некотором пригородном направлении есть автобусные маршруты, пересадка с которых на метро не совпадает со станцией пересадки с поездов. В таком случае потоки входящих людей разделены, и динамика их числа определяется только удобством маршрута для каждого пассажира. Пусть в некоторый момент РЖД произвело реконструкцию пригородных платформ и заменило поезда более комфортными. Важно при этом, что расписание и тариф не менялись, т. е. количественные характеристики перевозки сохранились.

Для определённой категории пассажиров (назовём их «неустойчивыми») произошедшие изменения (стал удобнее вход и выход, в вагонах больше места) показали себя привлекательными, и они стали пересаживаться с автобусов на поезда. Результатом стало увеличение числа входящих в метро с электрички. Это движение измеренного числа пассажиров в сторону повышения изображено на рис. 2 участком АВ. По прошествии некоторого времени части неустойчивых пассажиров стало казаться, что не настолько ехать поездом удобнее (у автобуса остановки чаще, а входить в метро стало хуже из-за выросшего потока) и они вернулись на автобусы, что отражает участок ВС на рис. 2. Далее те из неустойчивых, кому всё же поезд понравился больше, поделились своими впечатлениями с друзьями и соседями, новые заинтересовавшиеся сменили автобус на электричку, движение пошло по линии CD. Дальнейшее развитие процесса зависит от поведения увеличивающегося или уменьшающегося количества неустойчивых пассажиров, принимающих свои решения по поводу выбора вида транспорта.

Для специалиста, анализирующего рис. 2 в целях определения числа поездов метро, отправляемых из депо на станцию пересадки, есть возможность принять несколько различных решений:

- А..В – движение, В..С – нет. Тогда А..D – единое движение, должно продолжиться в сторону E1, как А..В..E1;

- А..В и В..С – движения, С..D – нет. Тогда следует ожидать развития В..С..E2, процесс меняет направление своего развития на противоположное. Конкретное значение для разделения движений определяется, исходя из принятой границы, за которой малое отклонение превращается в реальное движение.

Чтобы разделять движения для практических наблюдений и принятия своевре-

менных решений, нужно провести определённую работу, которая относится к области статистики:

- собрать данные о наблюдаемом процессе, зафиксированные для интересующих интервалов, в количестве, достаточном для требуемой точности;
- из локальных последовательностей изменений складываются движения. В качестве случайных событий выбираем длины (измеряемые в числе интервалов) движений в любую из сторон;
- по полученной совокупности вычисляем математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение;
- применив неравенство Чебышева [6] для желательного отклонения, всё, что окажется с меньшей стороны, движениями считать не будем.

Таким образом, методические рекомендации, представленные в настоящей работе, позволяют оптимизировать процесс разработки алгоритмов и выполнения расчетно-аналитических функций управляющим (средствами АСУ и автоматизации) и повысить качество прогнозирования и управления экономическими и связанными с ними техническими и эксплуатационными характеристиками объектов метростроения.

Приведенные методические положения позволяют в каждом конкретном случае производить более точные расчеты, обеспечивающие построение соответствующих алгоритмов программно-математического обеспечения и получение более экономичных технических и эксплуатационных показателей.

Ключевые слова

Прогнозирование, объекты метростроения, динамические ряды.

Forecasting, underground construction objects, time series.

Список литературы

1. Дуброва Т. А., Архитова М. Ю. *Статистические методы прогнозирования в экономике. Московский государственный университет экономики, статистики и информатики.* – М., 2004.
2. Д. М. Мутушев, М. А. Мутушев. *Квантовые аспекты подземного строительства.* – ООО «Метро и тоннели». № 3, 2018.
3. Гольдберг А. М. *Общая теория статистики.* Москва, 1985.
4. Джон Е. Фреунд, Франк Вильямс *«Современная деловая статистика»*, 1969.
5. Pearson K, *The problem of the random walk* // *Nature.* – 1905.
6. Колмогоров А. Н., Фомин С. В. *Элементы теории функций и функционального анализа* – изд. четвёртое, переработанное. – М.: Наука, 1976.

Для связи с автором

Мутушев Дмитрий Михайлович
 dmmm1@yandex.ru



ОСНОВНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ БАМ

Н. И. Кулагин, д. т. н., ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

2014 год для коллектива Ленметрогипротранса был знаменателен празднованием вместе со всей страной 40-летия с момента принятия Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О строительстве Байкало-Амурской железнодорожной магистрали» от 8 июля 1974 г., с которого отсчитывают начало строительства этой выдающейся железной дороги, соединившей Сибирь с Тихим океаном. В Петербурге в связи с этим юбилеем в апреле были организованы выставки в Центральном музее железнодорожного транспорта Российской Федерации и в Государственном музее политической истории России. Ленметрогипротранс, как участник проектирования тоннелей на этой магистрали, предоставил этим музеям довольно много материалов, иллюстрирующих работу над тоннелями БАМа и ход их строительства. Кроме этих выставок, Ленметрогипротранс принял участие и в торжественном вечере в Доме офицеров на Литейном проспекте, 20, посвященном этой дате, который был организован Советом ветеранов ленинградских строителей БАМа и общественной организацией «Ветераны комсомола». В актовом зале института также была организована выставка материалов по участию коллектива в этой всенародной стройке, прошло торжественное собрание. Ряду сотрудников были вручены юбилейные медали. Институт принял участие (в том числе финансовое) в издании книги «БАМ. Герои своего времени» (рис. 1).

Поскольку с начала строительства великой магистрали прошло уже 44 года, авторы-составители сочли уместным привести краткую справку о работе Ленметрогипротранса для БАМа с целью ознакомления нового поколения проектировщиков.

Вклад коллектива Ленметропроекта – Ленметрогипротранса в строительство Байкало-Амурской железнодорожной магистрали (БАМ)

Наш институт, многие из нас, принимали в этой великой стройке самое непосредственное участие. БАМ стал огромным этапом в нашей жизни. Коллектив института участвовал в проектировании практически с 1967 г., когда была начата разработка основных положений строительства тоннелей на второй железнодорожной магистрали, соединяющей Сибирь с Тихим океаном и проходящей севернее озера Байкал.

Впервые идея сооружения широтной железнодорожной магистрали, проходящей севернее озера Байкал, была сформулирована в 1887 г. в записке генерал-майора А. П. Проценко в связи с проектированием и строительством Великой Сибирской магистрали.

Однако по результатам произведенного в 1889 г. обследования этих районов экспедициями полковника Волошинова и инженера Прохаско комиссией Императорского Русского технического общества 1 декабря 1890 г. был окончательно принят Южный вариант строительства Великой Сибирской магистрали, через город Иркутск. В последующем выдвигался ряд предложений о строительстве железной дороги севернее озера Байкал (рис. 2).

Для решения этой задачи с 1907 по 1914 г. проводились многочисленные рекогносцировочные изыскания так называемой Ленской железной дороги, имеющие целью установить ее направление для транспортного обслуживания золотоносного района Бодайбо. Но проект этой дороги в дореволюционный период не появилось.

В 1930 г. Дальневосточная краевая партийная организация направила в ЦК ВКП(б) и Совет Народных Комиссаров СССР предложения о проектировании и строительстве

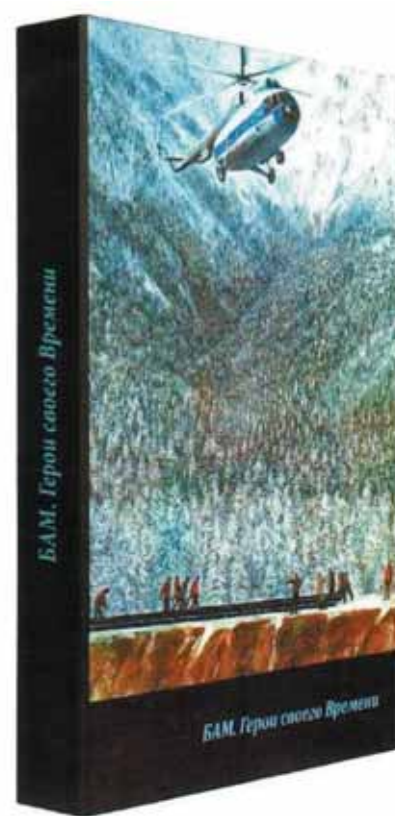


Рис. 1. Книга «БАМ. Герои своего времени»

второй Транссибирской железнодорожной магистрали с выходом к Тихому океану. В этом документе она впервые названа Байкало-Амурской магистралью (БАМ).

В 1931 г. Дальжелдорстроем НКПС (Народного комиссариата путей сообщения) проведены рекогносцировочные изыскания по направлениям: Ключи – Киренск, Бочкарево – Николаевск-на-Амуре, Большой Непер – Алдан – Якутск, Хабаровск – Советская Гавань.

Рис. 2. 1890-е годы – время интенсивного железнодорожного строительства. В то время начинается строительство самой грандиозной в мире Транссибирской магистрали протяженностью 7 тыс. верст



Рис. 3. Строительство подходных железнодорожных линий к магистрали, 1937–1940 гг.



В 1932 г. в соответствии с решением ЦК ВКП(б) и СНК СССР от 13 апреля о сооружении Байкало-Амурской магистрали по ней были начаты изыскательские работы.

В 1937 г. Постановлением ЦК ВКП (б) и СНК СССР в системе Союзтранспроекта НКП создана специальная контора по изысканиям и проектированию Байкало-Амурской железнодорожной магистрали – БАМтранспроект, которая в связи с началом строительных работ в 1939 г. передана в НКВД и реорганизована в Управление «БАМпроект» ГУЖДС НКВД и возглавила все работы по изысканиям и проектированию магистрали.

С 1937 по 1942 г. БАМпроектom было окончательно установлено генеральное направление магистрали: Тайшет – Усть-Кут – Нижнеангарск – Чара – Тында – Ургал – Комсомольск-на-Амуре – Советская Гавань. Были составлены проектные задания и технические проекты по отдельным участкам, станциям, крупным мостовым переходам.

За этот период построены подходные к магистрали железнодорожные линии:

- в 1937 г. – Бамовская – Тында (178 км);
- в 1938 г. – Волочаевка – Комсомольск (333 км);
- в 1940 г. – Известковая – Ургал (339 км) (рис. 3).

На первоочередных участках БАМа Тайшет – Лена и Комсомольск – Советская Гавань также началось строительство.

С началом Великой Отечественной войны изыскательские и строительные работы были прерваны и возобновились лишь по окончании строительства южной и северной частей волжской рокады под Сталинградом, где было использовано верхнее строение пути, разобранное на линии Бамовское – Тында.

Сразу после окончания войны, в августе 1945 г., Государственный Комитет Обороны страны принял решение о возобновлении строительства Западного участка БАМа. В условиях разрушенного войной хозяйства строительство шло трудно и нередко приходилось укладывать старогонные рельсы на недосыпанное земляное полотно, скрепляя их деревянными накладками, чтобы организовать поездную возку грунта для полной отсыпки земли и затем заменить рельсы новыми. В июле 1951 г. поезда пришли к берегу Лены – в Усть-Кут, и строительство БАМ было приостановлено.

На восточном участке Урал – Комсомольск в этот период было открыто рабочее движение поездов от Комсомольска до станции Вели (Березовская) протяженностью 203 км, а со стороны Урала построены земляное полотно и искусственные сооружения на первых 73 км, включая перевальный Дуссе-Алинский тоннель длиной 1807 м, опоры большого моста через реку Амгунь (рис. 4).

На трассе Байкало-Амурской магистрали на протяжении последующих 20 лет производились изыскания различной точности. Результаты этих работ использовались при



Рис. 4. Заброшенный портал Дуссе-Алинского тоннеля

осуществлении изысканий и проектировании БАМа в последующие годы.

В 1967 г. на основании решения директивных органов возобновились проектно-изыскательские работы. Генеральными проектировщиками по участкам БАМ были назначены институты Главтранспроекта Минтрансстроя (Министерства транспортного строительства):

- «Томгипротранс» – Усть-Кут (Лена) – Байкальский тоннель – 290 км,
- «Сибгипротранс» – Байкальский тоннель – Чара (искл) – 711 км,
- «Ленгипротранс» – Чара (вкл) – Тында (искл) – 630 км,
- «Мосгипротранс» – Тында (вкл) – Урал (вкл) – 967 км,
- «Дальгипротранс» – Урал (искл) – Комсомольск-на-Амуре – 503 км.

Общее руководство, разработка «Основных технических решений для проектируе-

мой магистрали», анализ генерального направления в новых нормах проектирования выполнялись Мосгипротрансом. Проектирование отдельных наиболее сложных объектов, решение научных проблем осуществлялось также специализированными институтами Минтрансстроя и МПС и значительным числом научно-исследовательских и проектных организаций других ведомств.

За период изысканий, разработки, рассмотрения и утверждения технических проектов с 1967 по 1977 г. неоднократно изменялись исходные данные: размеры перевозок, род поездов, параметры земляного полотна и др.

После проведения всех необходимых корректировок технические проекты БАМ в мае-октябре 1977 г. были утверждены Советом Министров СССР.

Нашим институтом «Ленметропроект» (в то время филиалом «Метрогипротранс») вме-

Рис. 5. Первая делегация строителей и проектировщиков на Северомуйском хребте (Ангараканское седло), лето 1973 г.





Рис. 6. Место будущего поселка у западного портала Северомуйского тоннеля. Здесь же посадочная площадка вертолета

сте с «Метрогипротрансом» в 1967–1969 гг. были разработаны основные положения проектирования Байкальского и Северомуйского тоннелей в двух вариантах: однопутный железнодорожный тоннель и двухпутный. От Ленметропроекта в этой начальной работе участвовали: В. И. Медейко, И. К. Сахиниди, А. М. Таль (ГИП), Г. А. Скобеников, В. Г. Соболев, Э. Л. Надежный, Е. Н. Епифанова, Н. И. Кулагин, И. В. Тимофеева, В. И. Егоров, В. М. Рюмин, Т. С. Надежная, Б. М. Розенгауз, Ю. С. Пестов, К. Н. Панов, В. И. Харгинен, Г. И. Белявская, Л. А. Беляева, А. Ф. Чикаев, Р. А. Давыдова, И. Н. Шубин, С. Я. Нагорный и др. (рис. 5).

Следующий этап, предшествующий началу строительства, – август 1973 г. По распоряжению министра транспортного строительства Е. Ф. Кожевникова на трассу БАМ выезжала группа тоннельщиков Глав-

тоннельмостроя (С. Н. Власов, Ф. П. Ковалева), Ленметропроекта (В. И. Медейко, Н. И. Кулагин) и изыскателей Сибгипротранса (Э. А. Приц, Ю. Г. Григоровский). Эта группа, пролетев и проехав от Хабаровска до перевала Даван, осмотрела места строительства тоннелей, наметила места стройплощадок, подготовила предложения по организации строительства и представила министру доклад (рис. 6).

А дальше события раскручивались с чрезвычайной стремительностью. 19 ноября 1973 г. – совещание у министра транспортного строительства. Утвержден приказ «О мероприятиях по развертыванию в 1974 г. подготовительных работ к строительству БАМ». Поставлены задачи (и изыскателям, и проектировщикам) по выдаче проектно-сметной документации на намечаемые к строительству объекты 1974 г.

Рис. 7. Группа рабочего проектирования в Нижнеангарске: В. Г. Самосудов, Ю. Н. Фирсов, Е. В. Назаров, Ф. Г. Большанин, В. В. Дарвина, Г. И. Белявская, И. Н. Шубин, В. Г. Иванов, Т. Черненко и работник Бамтоннельстроя В. П. Тарасюгина



12 декабря 1973 г. – совещание у начальника Главтранспроекта И. Н. Мурашкина. Доведение до всех участников конкретных задач и сроков. В январе 1974 г. создан ТО-11 Бамтоннельстроя.

28 января 1974 г. – обращение начальника Ленметропроекта В. И. Медейко к руководству главка с просьбой (в связи с предстоящим большим объемом работ):

- об увеличении численности Ленметропроекта на 25 человек;
- о приеме дополнительных молодых специалистов-тоннельщиков;
- о бронировании офицеров запаса;
- о бесплатных железнодорожных билетах для сотрудников Ленметропроекта.

Январь–март 1974 г. – институты разрабатывают ТЭО: «Ленметропроект» – Байкальского и Северомуйского тоннелей, «Армгипротранс» – Нагорного тоннеля. Проектируют рабочую документацию стройплощадок, врезок первых забоев с порталов, проводят согласования с появившимися строителями – «ТО-П» (Кобляков).

17 июня 1974 г. С. Н. Власов – главный инженер Главтоннельмостроя утверждает график выпуска чертежей для тоннелей БАМ за 1974 г.

Ленметропроект создает ГРП (группу рабочего проектирования) в поселке Нижнеангарск. Первые участники этой группы – В. И. Хергинен, Г. И. Белявская, В. Г. Самосудов, И. Н. Шубин и др.

Всего за время освоения строительных площадок и строительства тоннелей Байкало-Амурской магистрали в составе групп рабочего проектирования (до создания Бамтоннельстроя) и с авторским надзором, начиная с 1974 г., принимали активное участие следующие сотрудники Ленметропроекта – Ленметрогипротранса: Р. М. Александрова, Л. А. Беляева, Г. И. Белявская, А. У. Бичурин, М. А. Волгин, Ю. М. Гродзицкий, Р. А. Давыдова, Т. А. Данилова, В. В. Дарвина, В. Н. Добрынькова, А. А. Домбровский, С. Е. Дукаревич, В. Г. Иванов, И. Ю. Иванов, П. Н. Иовлев, Н. Б. Каялова, Г. Н. Клемидина, М. А. Клещук, В. В. Кошелькова, Н. И. Кулагин, Е. В. Назаров, И. А. Николаева, Ю. С. Пестов, С. Э. Румынский, В. Г. Самосудов, Л. М. Самсон, В. Ф. Татарников, Т. В. Титкова, С. В. Титов, В. И. Усанова, Ю. Н. Фирсов, В. И. Харгинен, Г. П. Шаргун, А. Н. Шешуков, И. Н. Шубин, А. В. Шур, Э. М. Юшковский (рис. 7). И руководство института, выезжавшее на БАМ в составе высоких комиссий, совещаний, на авторский надзор и т. п., начиная с 1973 г.: В. И. Медейко – начальник, И. К. Сахиниди – главный инженер, Ф. Г. Большанин – ГИП по тоннелям БАМ, позже главный инженер института, М. Л. Покрывалов – ГИП по тоннелям БАМ.

8 июня 1974 г. опубликовано знаменательное Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 561 «О строительстве Байкало-Амурской магистрали». Это пример из прошлого, как планомерно и фундаментально решались государственные задачи.

Главное в нем – построить в 1974–1983 гг. БАМ протяженностью 3145 км от Усть-Кута до Комсомольска-на-Амуре. Но кроме этого, в тринадцати приложениях к нему намечены меры для решения этой задачи и исполнители: сроки разработки проектов и ввода участков, энергоснабжение, финансирование, поставку строительного оборудования, льготы работающим, задание на подготовку молодых специалистов и еще – одобрена инициатива ЦК ВЛКСМ, объявившим БАМ Всесоюзной ударной комсомольской стройкой.

Проектировщиков подгоняют с разработкой рабочей документации.

Напряженная работа строителей и проектировщиков была под контролем не только главков, но и местных властей. Вот пример.

25.12.1974 г. Куйбышевский РК Народного контроля Ленинграда рассматривал ход проектирования тоннелей БАМ Ленметропроектом. В справке, подписанной И. К. Сахиниди (исполняющим обязанности начальника «ЛМП»), секретарем партийной организации А. Ф. Чикаевым, председателем группы Народного контроля В. И. Акатовым значилось: «В соответствии с указанием Министра транспортного строительства И. Д. Соснова от 28 апреля срок выпуска технических проектов сокращается на один месяц и соответственно переносится на 30 мая 1975 г.».

По состоянию на 30 апреля 1975 г. выполнено:

- с участием представителей Главтранспроекта и Метрогипротранса пересмотрены составы проектов с целью сокращения объема проектно-сметной документации;
- издан приказ по Ленметропроекту, закрепляющий постоянный состав проектировщиков, занятых разработкой документации по тоннелям БАМ, а также рабочей группы для выезда на место работ;
- разработаны мероприятия для перевода сотрудников на аккордную работу с выдачей каждому исполнителю конкретного задания и наряда;
- пересмотрены технологические графики выпуска проектно-сметной документации;
- выпущена проектно-сметная документация по первоочередным работам на стадии рабочего проекта силами Ленметропроекта.

К 30 мая 1975 г. Ленметропроект закончил разработку технических проектов Байкальского и Северомуйского тоннелей и передал их в экспертизу МПС.

К 7 июля 1975 г. выполнена экспертиза МПС этих проектов. В ней рекомендовано строить сначала первый тоннель со штольной стоимостью 333655 рублей, второй – потом, в перспективе (стоимостью 14872 рубля) (рис. 9).

Технические проекты были утверждены Советом Министров СССР со сроком строительства первого тоннеля семь лет и сдачей его в эксплуатацию в 1982 г.

В 1975–1976 г. уже начато строительство Нагорного (1975 г.) и Байкальского (1976 г.) тоннелей. Объемы работ возрастают.



Рис. 8. Всесоюзный ударный комсомольский отряд имени XVII Съезда ВЛКСМ в Кремлевском Дворце Съездов

19 июля 1977 г. издан приказ Минтрансстрой № 83 об образовании Северобайкальского филиала «ЛМП» «Бамтоннельпроект» с целью решения возросших задач и приближения проектировщиков к стройке.

4 января 1978 г. на БАМ вылетели его первые сотрудники: начальник филиала Н. И. Кулагин и начальник электротехнического отдела Р. В. Эккель.

Сначала первая комната в Нижнеангарске, затем шесть квартир в Северобайкальске рядом с высоким берегом реки Тья (рис. 10 и 11).

К маю уже есть небольшой коллектив: В. А. и Г. М. Соколовы, А. Д. Турьев, Л. Соколышкова, О. И. Рыбин, Р. В. Эккель, Н. И. Кулагин, В. С. и В. В. Долговы. Чуть позже – из Ки-

евметропроекта приехал главный инженер филиала А. И. Салан.

Вскоре прибыл первый контейнер из Ленинграда: мебель, канцелярия, затем и первая машина «УАЗ». Летом 1978 г. начинается врезка с порталов Северомуйского тоннеля щитов диаметром 9,5 м и начинается проходка.

Стройка разворачивается, филиал крепнет, уже имеет свое здание. Работы ведутся на БАМе, в Ленинграде, Киеве, Донецке, Москве.

Ко дню комсомола в октябре 1978 г. рельсы и поезд пришли с запада на перевал Даван, а через год – в Северобайкальск.

В ноябре 1978 г. – врезка второго и первого Мысовых тоннелей.

Рис. 9. Строительство Нагорного тоннеля. Врезка с портала калоттным профилем

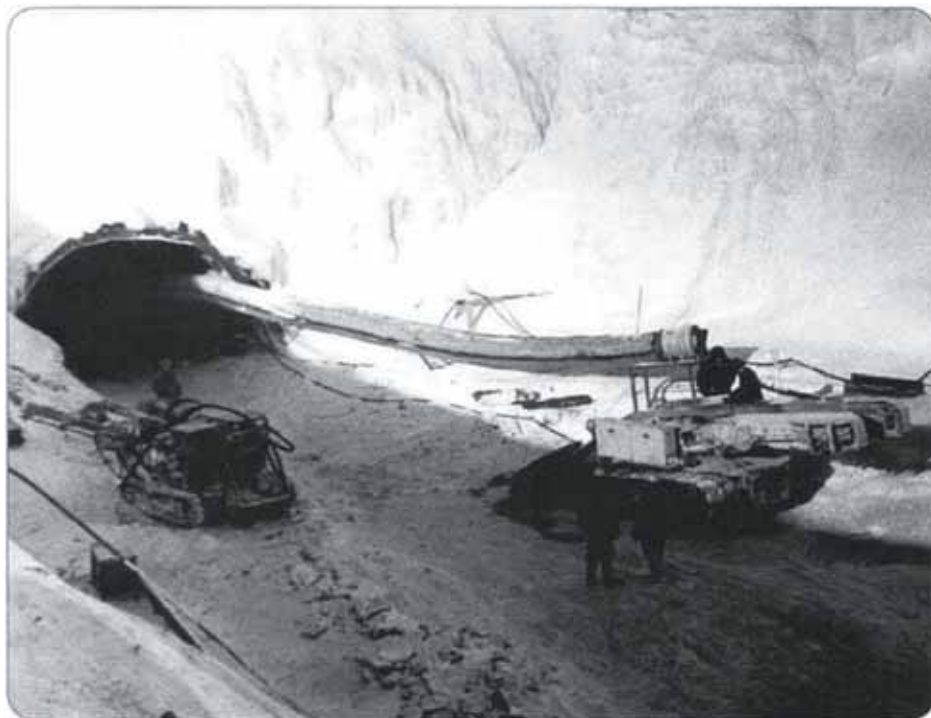




Рис. 10. Начало строительства западного порталного участка Байкальского тоннеля



Рис. 11. На проходке Северомуйского тоннеля

Строительство постоянно находилось под контролем на всех уровнях, вплоть до самого верха: Главк, Минтрансстрой, Госстрой, Стройбанк СССР, Комитет народного контроля СССР, Комиссия Совмина.

В июле 1979 г. комиссия Госстроя СССР, рассмотрев ход строительства тоннелей на месте строительства, отмечает, что на 01.01.1979 г. уже пройдено:

- по Байкальскому тоннелю – 2672 м, по штольне – 3375 м;
- по Северомуйскому тоннелю – 695 м, по штольне – 1017 м;

Рис. 12. Врезка на Мысовом тоннеле № 1



Отмечено отставание строительства. Особенно задержалась проходка ствола на Северомуйском тоннеле. Но отмечено также, что филиал института «Ленметрогипротранс» «Бамтоннельпроект» («БТП») оперативно вносит в рабочий проект коррективы и своевременно уточняет проектно-сметную документацию.

Строительство магистрали шло полным ходом: западный участок до Тынды – организациями Минтрансстроя, восточнее Тынды – силами железнодорожных войск.

Сложностей была масса:

- необжитость районов;

- притрассовые дороги;
- многоступенчатое энергоснабжение;
- вопросы экологии (Ангара, Байкал);
- суровость и сила природы, особенно в тоннелях: сеймика, исключительно сложная геология, большое горное давление и притоки до 6000 м³/ч на забой при аварийных прорывах, с температурой воды от +10 °С до +57 °С.

Природа нехотя сдавала свои позиции. Были прорывы грунта и воды в забой, человеческие жертвы, пожары, длительные остановки – на Северомуйском, Кодарском, Мысовых тоннелях.

Рис. 13. Стелла Мысовым тоннелям



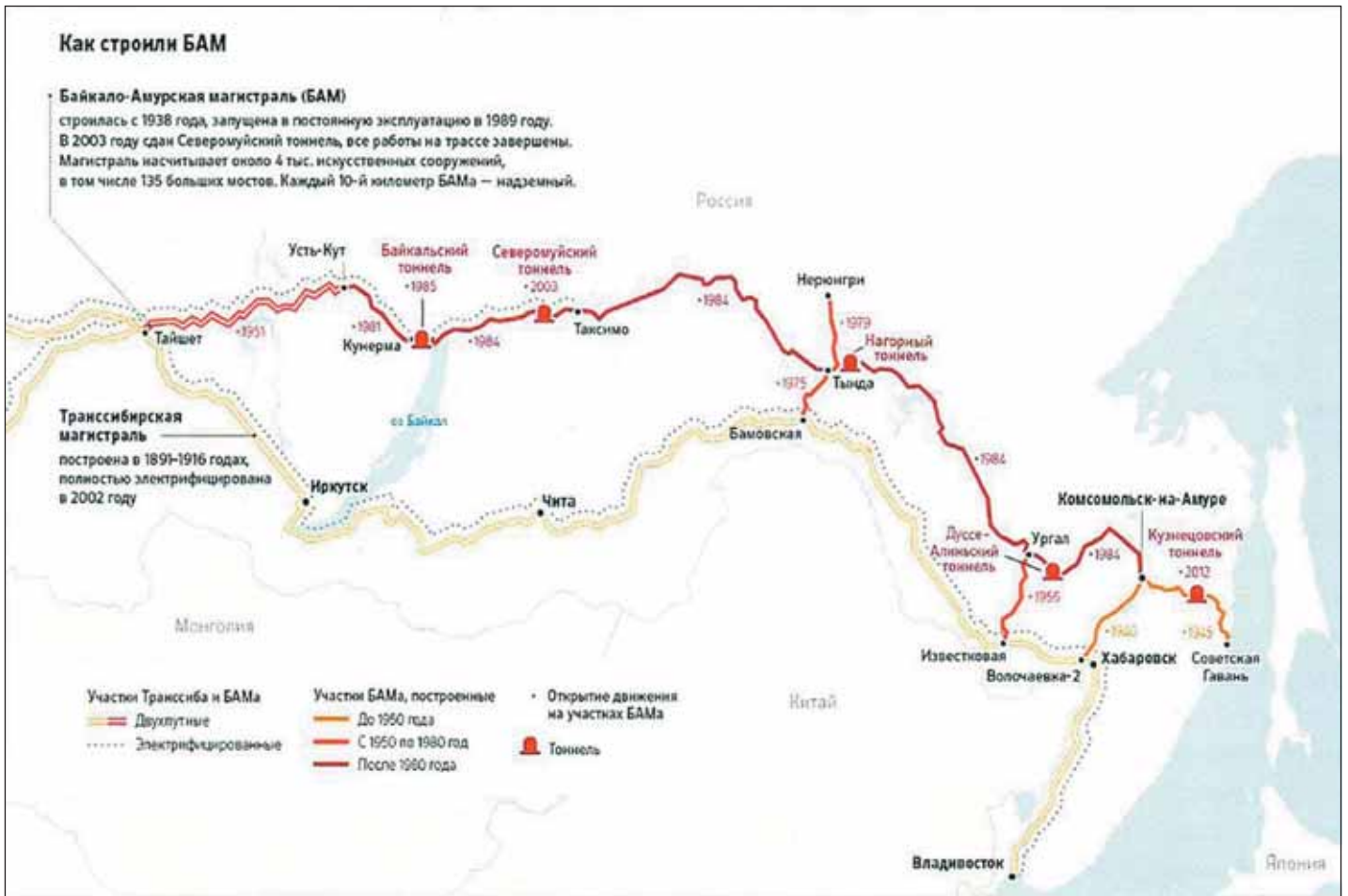


Рис. 14

Приходилось корректировать сроки ввода участков в эксплуатацию, несколько раз переутверждать проекты. Раз в квартал проходило заседание Комиссии Совмина по БАМу.

Прошли мы через суровые кабинеты министров, членов ЦК и Совета Министров – В. А. Брежнева, В. И. Долгих, Г. А. Алиева.

Оправдывались и доказывали свою правоту перед различными комиссиями. Так, одна из них (1984 г.) была в составе 51 человека, в том числе 8 академиков, 22 доктора наук, 8 кандидатов наук. Сколько раз ставилась под сомнение возможность вообще построить Северомуйский тоннель!

Несколько раз (1938, 1940, 1947–1948, 1968–1970, 1976, 1984) поднимался вопрос о правильности выбора трассы Северомуйского тоннеля (всего было 30 вариантов).

Ленметрогипротранс и Сибгипротранс обвинялись в «основной ошибке проектировщиков (которых надо было обезвредить!), сравнимой с диверсией, об осуществлении которой только могла мечтать иностранная разведка». Но всегда удавалось доказать, что трасса выбрана оптимально на последующую многовековую эксплуатацию БАМа.

Чтобы скорее ввести БАМ в эксплуатацию, барьерные места обходили. Так были построены временные обходы Байкальского и Кодарского тоннелей. На Северомуйском тоннеле две обходные трассы – с уклонами 40 % и 18 % (с двумя тоннелями).

Действовал обход и вокруг Мысовых тоннелей, где трасса железной дороги шла вдоль берега Байкала рядом с автодорогой.

БАМ строила вся страна: Минтрансстрой, железнодорожные войска, Республики и города-шефы стройки. Комсомольцы и несоюзная молодежь, коммунисты и беспартийные. На БАМе трудились стройотряды вузов, там проходили практику студенты, будущие строители.

По мере завершения строительства отдельные участки магистрали вводились сначала во временную эксплуатацию. А в сентябре 1984 г. был забит «золотой костыль», и магистраль начала свою жизнь, правда, пока еще без Северомуйского тоннеля, с обходной трассой длиной 54,7 км и двумя тоннелями на ней. БАМ это:

- 3110 км трассы;
- 4616 км путей, в том числе 3390 км – главных;
- 1595 мостов, в том числе 113 шт. больших;
- 10 тоннелей, в том числе 9 – наших, общей длиной 33 км и общей длиной всех выработок около 60 км.

А что означало проектирование тоннелей БАМа для нас – проектировщиков?

Это колоссальный опыт проектирования в любых, самых сложных условиях.

Это работа над проектами с использованием иностранной техники (проходческой

и для спецработ), купленной в странах Европы, Азии и Америки.

Это создание на основе Бамтоннельстроя различных строительных организаций по всей стране, и со всеми мы умели работать, имели хорошие взаимоотношения (Новосибирск, Екатеринбург, Дальний Восток, Юг, Казань и др.)

Это огромный опыт и закалка кадров в работе на месте строительства, в авторском надзоре и многочисленных комиссиях и экспертизах.

Это огромный интеллектуальный потенциал, сконцентрированный в наших архивах, в наших умах. Это только чертежей «ЛМП» – «ЛМГТ» около 12 тысяч.

Это для многих из нас молодость, первая или вторая, это целая жизнь! 84 человека нашего института награждены медалью «За строительство БАМа», несколько человек – орденами, 5 человек – М. Л. Покрывалов, А. И. Салан, К. П. Безродный, А. Н. Соловьев, Н. И. Кулагин награждены Премией Совета Министров СССР (1991 г.) «За разработку и реализацию прогрессивных технических решений по строительству горных железнодорожных тоннелей в особо тяжелых инженерно-геологических и сейсмических условиях».

Для связи с автором

Кулагин Николай Иванович
 lmg@lenmetro.ru



Второй участок включает в себя семь станций: «Профсоюзная», «Переспа», «Комаровская», «Парк Дружбы народов», «Ивана Мележа», «Зеленый Луг» и «Логойская».

Трасса проходит по ул. Мельникайте, просп. Машерова, ул. Максима Богдановича, ул. Широкая и по Логойскому тракту. В целях наименьшего нарушения жизнедеятельности города, сооружение перегонных тоннелей предусматривается закрытым способом, а станций – открытым (табл.).

Пассажиропотоки на линиях метрополитена определены на 2030 г. комплексно, при участии всех видов пассажирского транспорта, с учетом уровня автомобилизации по срокам реализации транспортной системы. Расчеты выполнены УП «Минскград» на утренний час пик максимальных суток на основании утвержденных в корректуре генерального плана схем развития линий метрополитена, поэтапной реализации магистральной улично-дорожной сети и строительства транспортных объектов г. Минска до 2030 г.

На период пуска очереди строительства второго участка третьей линии метрополитена от станции «Парк Дружбы народов» до станции «Логойская» максимальный пассажиропоток ожидается на перегоне ст. «Юбилейная» – ст. «Профсоюзная» – 21100 чел. в час пик.

Количество пар поездов в час пик, необходимое для перевозки пассажиров самого нагруженного перегона, составит 28 пятивагонных составов.

На втором участке третьей линии Минского метрополитена предусматривается один перспективный пересадочный узел между

Таблица

Характеристики трассы	
Строительная длина в двухпутном исчислении, км	8,44
Эксплуатационная длина, км	8,74
Количество станций, шт.	7
Кривые в плане (в двухпутном исчислении), км	2,65
Кривые в плане R менее 600 м, %	31,4
Протяженность участков с уклоном 0,045‰	2,43
Среднее расстояние между осями станций, м	1222,0

третьей и четвертой линиями на станции «Парк Дружбы народов». Пересадка с третьей на четвертую линию осуществляется с платформы станции «Парк Дружбы народов» на платформу станции «Максима Богдановича» по тоннелю с односторонним движением. Пересадка с четвертой линии на третью осуществляется с платформы станции «Максима Богдановича» через первый вестибюль станции «Парк Дружбы народов».

Архитектурно-строительные решения

Станционные комплексы промежуточных станций («Профсоюзная», «Переспа», «Комаровская», «Ивана Мележа», «Зеленый Луг») предлагается выполнить одной планировочной и конструктивной схемы.

Станция «Парк Дружбы народов» (пересадочная на ст. «Максима Богдановича» четвер-

той линии Минского метрополитена) и станция «Логойская» (тупиковая станция) предусмотрены с двумя вестибюлями.

В основу разработки конструктивных решений участка линии положены следующие принципы:

- индустриализация строительства за счет применения освоенных заводом ЖБИ УП «МИНСКМЕТРОСТРОЙ» сборных железобетонных изделий и монолитного железобетона в современных опалубочных системах;
- снижение материалоемкости, трудоемкости и металлоемкости за счет сокращения объемов станционных комплексов путем рациональной блокировки сооружений;
- обоснованное применение типов отделки станций, притоннельных сооружений и тоннелей с учетом инженерно-геологических и гидрогеологических усло-

Станция «Логойская» первого участка третьей линии Минского метрополитена



вий, градостроительных требований и технологии строительства.

Класс геотехнического риска строительства по ТКП 45-5.01-254-2012 для проектируемых сооружений метрополитена установлен как «Н» (сильный) и «Б» (умеренный).

Организация строительства

Условия строительства второго участка третьей линии Минского метрополитена характеризуются как сложные. Трасса линии проходит по районам с плотной городской застройкой, с развитой системой инженерных коммуникаций, транспортных магистралей, пересекает русло р. Свислочь. Глубина заложения трассы на всем участке определяется следующими факторами: пересечение трассы третьей линии метрополитена с перспективной развязкой на площади Бангалор и необходимостью обеспечения безопасного заложения проходки от шельги свода тоннеля до дневной поверхности, под руслом реки или до действующих коммуникаций.

Инженерные и гидрогеологические условия строительства на значительной части трассы сложные. Трасса в большинстве своем проходит ниже уровня грунтовых вод, пересекает реку Свислочь, пересекает участки с залеганием неустойчивых грунтов с низкой несущей способностью, участки моренных и валунно-галечниковых отложений.

Строительство участка линии в имеющихся инженерно-геологических условиях, в сложившейся градостроительной ситуации, в планируемые сроки возможно только при условии применения современного механизированного высокопроизводительного проходческого оборудования (два комплекса ТПМК с грунтопригрузом), передовой техники и технологий буровых, земляных, геотехнических и строительно-монтажных работ.

Строительство второго участка третьей линии Минского метрополитена предполагает выделение следующих очередей строительства:

1-я очередь – инженерная подготовка территории строительства участка от ст. «Юбилейная» до ст. «Парк Дружбы народов»;

2-я очередь – сооружение участка от ст. «Юбилейная» до ст. «Парк Дружбы народов» с камерой съезда и тупиками;

3-я очередь – инженерная подготовка территории строительства участка от ст. «Парк Дружбы народов» до ст. «Логойская»;

4-я очередь – сооружение участка от ст. «Парк Дружбы народов» до ст. «Логойская» с камерой съезда и тупиками;

5-я очередь – расширение электродепо «Слуцкое»;

6-я очередь – реконструкция инженерных систем ЗЭП;

7-я очередь – реконструкция инженерных систем Инженерного корпуса.

Перегонные тоннели участка линии сооружаются закрытым способом тоннелепроходческими механизированными комплексами (ТПМК) с грунтопригрузом и немеханизированными проходческими щитами ЩН-1С, а также открытым способом в котлованах с креплением «стеной в грунте», со свайным и шпунтовым креплением. Планируемая суммарная длина участков проходки ТПМК – 6596 м. На 2-й очереди строительства проходка ТПМК предусмотрена сквозная от ст. «Парк Дружбы народов» до ст. «Профсоюзная» с проходкой через грунтовый массив ст. «Комаровской»

и ст. «Переспа», для чего компоновка этих станций выполнена минимальной длины. Длина тоннелей, проходимых ТПМК без демонтажа, – два тоннеля по 3040 м. Выбор варианта сквозной проходки был основан на сравнении трёх способов строительства перегонных тоннелей: сквозная проходка, протаскивание ТПМК через котлован и монтаж и демонтаж ТПМК в начале и конце станции. По результатам сравнения сквозная проходка оказалась наиболее экономически целесообразной. На 4-й очереди строительства предусмотрена сквозная проходка от ст. «Парк Дружбы народов» до ст. «Логойская» через грунтовый массив ст. «Ивана Межежа» и ст. «Зелёный Луг», для чего компоновка этих станций выполнена минимальной длины. Длина тоннелей, проходимых ТПМК без демонтажа, – два тоннеля по 3556 м. Для сокращения сроков строительства, за счёт уменьшения технологического перерыва в выполнении основных строительно-монтажных работ по станциям, проектом предусматривается перенос технологии стартового котлована после проходки каждой из станций. Планируемые участки проходки тоннелей немеханизированными проходческими щитами – два тоннеля длиной 258 м.

Предполагаемый объем разработки грунта при строительстве участка линии составляет 1967,17 тыс. м³, в т. ч. грунта от проходки ТПМК, перемешанного с пенообразующим раствором – 377,80 тыс. м³, грунта пригодного для обратной засыпки – 953,62 тыс. м³, грунта непригодного для обратной засыпки – 635,75 тыс. м³. Объем грунта обратной засыпки конструкций – 944,31 тыс. м³.

Необходимость применения при строительстве второго участка третьей линии Минского метрополитена ТПМК обусловлена целым рядом факторов организационного, экономического, технологического, производственного характера. Высокая скорость проходки 250–400 м/мес при использовании ТПМК, по сравнению с проходкой обычными щитами, технологичность, безопасность работ, меньшее влияние при проходке на существующую земную поверхность по трассе линии и инженерную инфраструктуру города, экономические показатели проходки определяют возможности и предпочтительное, по сравнению с обычными щитами, использование ТПМК.

Высокая скорость проходки обеспечивает выполнение требуемых темпов строительства участка с минимальными необходимыми организационными затратами и затратами по обслуживающим процессам закрытого способа работ.

Минимизированные просадки грунтов над сооружаемыми тоннелями и дневной поверхности по трассе тоннелей позволяют снизить затраты по инженерной подготовке и восстановлению территории строительства за счёт уменьшения объема сноса и усиления инженерных сетей и сооружений, выпадающих в зону возможных деформаций, объема нарушения и последующего восстановления благоустройства и проезжей части проезжей части улиц при проходке тоннелей.

Внедрение новых технологий, новой высокопроизводительной техники, организационных схем ведения работ, неопробованных при ведении строительных работ в условиях г. Минска, требуют организации работ по научно-техническому сопровождению строительства с целью совершенствования технологии и повышения качества выполняемых работ. Основными направлениями научного сопровождения являются:

- мониторинг состояния зданий и сооружений в процессе строительства, с анализом результатов мониторинга и выработкой решений и рекомендаций;
- разработка норм проектирования отвалов пластифицированного грунта после проходки ТПМК с грунтопригрузом;
- определение зоны влияния на близлежащие сооружения при строительстве объектов метрополитена;
- применение тоннелепроходческого механизированного комплекса при проходке тоннелей в инженерно-геологических условиях г. Минска;
- совершенствование технологии крепления бортов котлованов методом «стена в грунте», с целью повышения качества выполняемых работ и обеспечения водонепроницаемости;
- устройство шпунтового ограждения котлованов в геологических условиях г. Минска, с минимизацией воздействия на окружающую застройку;
- применение грунтовых буроинъекционных анкеров с теряемым наконечником на креплении котлованов открытого способа работ;
- применение технологии струйной цементации при устройстве грунтоцементных свай, противодиффузионных и противодоформационных экранов;
- геотехнический мониторинг (оценка влияния строительства на существующие здания и сооружения, определить порядок и разработать нормативные требования к переустройству сетей и инженерных сооружений в непосредственной близости от проходки тоннелей и строительства «стены в грунте»);
- определение и расчёт рисков при строительстве метрополитена;
- устройство бесшпальной конструкции верхнего строения пути метрополитена с применением современных технологий и оборудования.

Антитеррористическая защищенность объекта

Антитеррористическая защищенность объекта обеспечивается за счет функционирования инженерно-технических и режимных мер, предусмотренных проектной документацией, направленных на предотвращение террористического акта.

Общие требования к проектным решениям по обеспечению технической защищенности зданий и сооружений и эксплуатации систем технической защищенности принимаются в соответствии с требованиями ТКП 45-3.02-265-2012.

Основной задачей для решения мероприятий по антитеррористической защищенности является предотвращение несанкционированного доступа на объект физических лиц, транспортных средств и грузов, осуществление контроля над ними в процессе эксплуатации, а так же обнаружение террористических средств.

На втором участке третьей линии предусматриваются следующие системы обеспечения безопасности:

- системы автоматической охранной сигнализации;
- система контроля и управления доступом;
- средства связи;
- мероприятия по обеспечению пожарной безопасности;
- система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений.

Эвакуационные мероприятия обеспечиваются архитектурно-планировочными решениями объекта, разрабатываемыми в соответствии с требованиями ТКП 45-2.02-22-2006 «Здания и сооружения. Эвакуационные пути и выходы» в разделах проекта АР, АС и состоянием транспортной и дорожной сети.

Предпроектные решения объекта обеспечивают своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей, которые могут подвергнуться воздействию опасных факторов пожара, а также защиту людей на путях эвакуации от воздействия опасных факторов пожара.

Для обеспечения беспрепятственного ввода и передвижения на данном объекте средств ликвидации последствий аварии в проекте предусматривается обеспечение противопожарных разрывов, устройство подъездов для пожарных автомобилей, электроосвещение пожарных гидрантов, проезды к источникам наружного противопожарного водоснабжения (пожарным гидрантам), доступ пожарных подразделений в подземные сооружения и помещения метрополитена.

ВМ-технологии

В рамках выполнения приказа Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 27 октября 2014 г. № 298 «О применении ВМ-технологии в проектировании» ОАО «Минскметропроект» ведет деятельность по внедрению информационного моделирования и выполнения проектов объектов Минского метрополитена с применением ВМ-технологий.

Создание информационных моделей объектов метрополитена несет в себе, помимо физических размеров будущего сооружения, информационную модель систем инженерного обеспечения, в которую заложено множество атрибутов, отражающих физические характеристики (массу, теплопроводность и пр.), информацию о производителе, поставщике, стоимости, сроках поставки и пр. Это позволяет оптимизировать процесс строительства, получить точные расчеты стоимости объекта, снизить конечные издержки при проектировании, строительстве и эксплуатации.

Выводы

Строительство второго участка третьей линии Минского метрополитена от станции «Профсоюзная» до станции «Логойская» обеспечит скоростной транспортной связью жилые микрорайоны северного сектора города с его центром. При этом с учетом передачи на первую линию метрополитена (станция «Вокзальная – станция «Площадь Ленина») и вторую линию (станция «Юбилейная» – станция «Фрунзенская») обеспечивается связь указанных жилых районов с предприятиями и жилыми районами северо-восточной части города, а также с юго-восточной промышленной и жилыми районами северо-западной части города соответственно.

При одновременном уменьшении объема движения автобусов улучшится экологическая обстановка в прилегающих жилых районах.

Строительство объектов метрополитена не окажет вредного воздействия на окружающую среду при выполнении комплекса мероприятий, предусматриваемых в проекте.

Ключевые слова

Градостроительные условия, архитектурно-строительные решения, организация строительства, антитеррористическая защищенность объекта, ВМ-технологии.

Для связи с автором

Панкевич Игорь Олегович
metropr@metropr.by



ВОЗМОЖНОСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕПЛОСАНТЕХНИЧЕСКИМ УСТРОЙСТВАМ МЕТРОПОЛИТЕНА

OPPORTUNITIES OF ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES IN THE CONTEXT OF HEAT AND SANITARY FACILITIES OF THE METRO

В. А. Маслак, Е. К. Левина, С. С. Мощин, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

С. Л. Михайлов, группа компаний ДОМАП

V. A. Maslak, E. K. Levina, S. S. Moshchin, Lenmetrogioprotrans

S. L. Mikhailov, DOMAP Group of Companies



Статья рассматривает применение тепловых насосов в станционных комплексах с двухпутными тоннелями. Приведено описание схемы с тепловым насосом для систем отопления, ГВС и кондиционирования станции и расчёт их энергоэффективности.

This paper considers the application of heat pumps in the double-track station systems, provides a description of the heat pump-based scheme for the heating, hot water supply and air conditioning systems of the stations and the calculation of their energy efficiency.

Предлагаемые к рассмотрению новые проектные решения относятся к повышению энергоэффективности систем основной (тоннельной) вентиляции и местных систем отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования для новых линий метрополитенов с двухпутными тоннелями.

Опыт эксплуатации метрополитенов показывает, что чаще всего основной вредно-

стью является тепло, поступающее в тоннели от трансформации энергии движущихся поездов и работы оборудования. Использование вторичного тепла большого объема воздуха тоннельной вентиляции осложняется конструктивными особенностями подземных сооружений, их автономностью и повышенными требованиями безопасности, что затрудняет применение удаляемого тепла на других городских объектах, но не

исключает их применения для устройств самого метрополитена.

Ранее в своих проектах институтом «Ленметрогипротранс» был предложен способ вентиляции для линий метрополитена с двухпутным тоннелем, под сводом которого предусмотрен вентиляционный канал. Сохраняя схему вентиляции в соответствии с положениями СП120.1330.2012 «Метрополитены. Актуализированная ре-

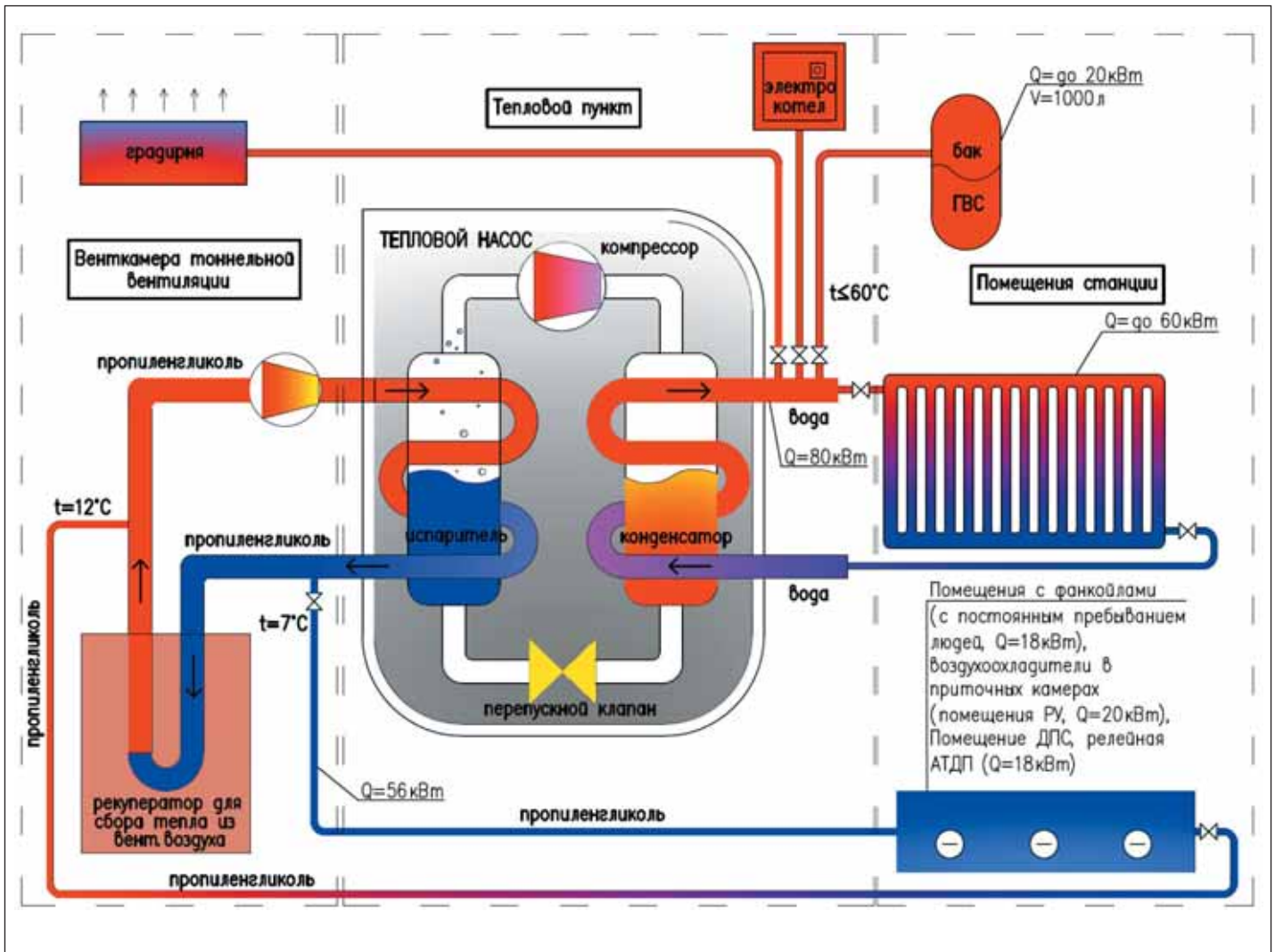


Рис. 1. Принцип работы Jäspi LTO для станций Московского метрополитена

дакция», а именно круглогодичная подача наружного воздуха на перегон и удалением со станции, был разработан способ вентиляции с возможностью повышения температуры подаваемого на перегон приточного воздуха в холодный период времени года [1].

Библиографические данные: «Способ вентиляции двухпутных перегонных тоннелей метрополитена» патент РФ 2594025, 2016 г. Рос. Федерация: E21F1/00(2006.01).

Система вентиляции с подогревом наружного воздуха теплом вытяжного внедрена на новом участке Невско-Василеостровской линии Санкт-Петербургского метрополитена, и также проектируется на новых линиях с двухпутными тоннелями Московского метрополитена на линиях КЖЛ, ТПК 3 и ТПК ЮЗ с двухпутными тоннелями (11 станций).

Это проектное решение стало возможным с наличием вентиляционного канала в перегонном тоннеле и учетом размещения приточной и вытяжной венткамеры единым блоком.

На базе нового конструктива станций и вентиляционного блока появилась возможность внедрения ещё одной современной технологии уже для местных систем отопления, ГВС и кондиционирования вестибю-

лей и служебных помещений станции с использованием системы теплового насоса [2], [3]. Проектные решения разрабатываются для станции линии ТПК Восток «Текстильщики». Применение теплового насоса полностью исключает необходимость подключения к централизованным сетям теплоснабжения и повышает возможность поддержания оптимальных параметров микроклимата в служебных и технических помещениях станции.

Проектом предлагается осуществлять отбор тепла уходящего воздуха тоннельной вентиляции станции системой Jäspi LTO (Финляндия) [4], [5] с тепловым насосом мощностью 60 кВт (рис. 1). Выбор обусловлен опытом эксплуатации оборудования данного производителя в части электрических автоматизированных котлов на объектах отечественных метрополитенов более 25 лет, а также внедрением системы с тепловым насосом Jäspi LTO [4], [5] в рамках реконструкции (2019–2020 г.) на действующих станциях Санкт-Петербургского метрополитена.

Проектируемая система с тепловым насосом на станции обеспечивает работу:

- водяной системы отопления служебных и технических помещений вестибюля и отопительный период [6];

- системы ГВС помещений вестибюля и БСК круглогодично [6];

- систем кондиционирования помещений с постоянным пребыванием людей, аппаратной АТДП, блока ДПС круглогодично и трансформаторного блока ТПП в теплый период года [7].

Принципиальная схема обвязки и размещения оборудования представлена на рис. 2.

Эффективность любой технологии, в которой применяется тепловой насос, измеряется коэффициентом теплопреобразования (КТП) и холодопреобразования (КХП) или COP (англ.). При определении величины COP мы соотносим количество затрачиваемой энергии к количеству выбранной. Зная этот параметр, легко можно определить во сколько раз меньше затрачивается энергии после внедрения теплового насоса.

Возьмём за средний срок отопления период равный семи месяцев в году. Также мы имеем данные о том, что нам требуется кондиционирование в течение 12 месяцев. На основе этих данных получаем:

- ежегодный расход на отопление электричеством в год: $60 \text{ кВт} \times 24 \text{ ч} \times 30 \text{ дней} \times 7 \text{ мес} = 302400 \text{ кВт ч/год}$;

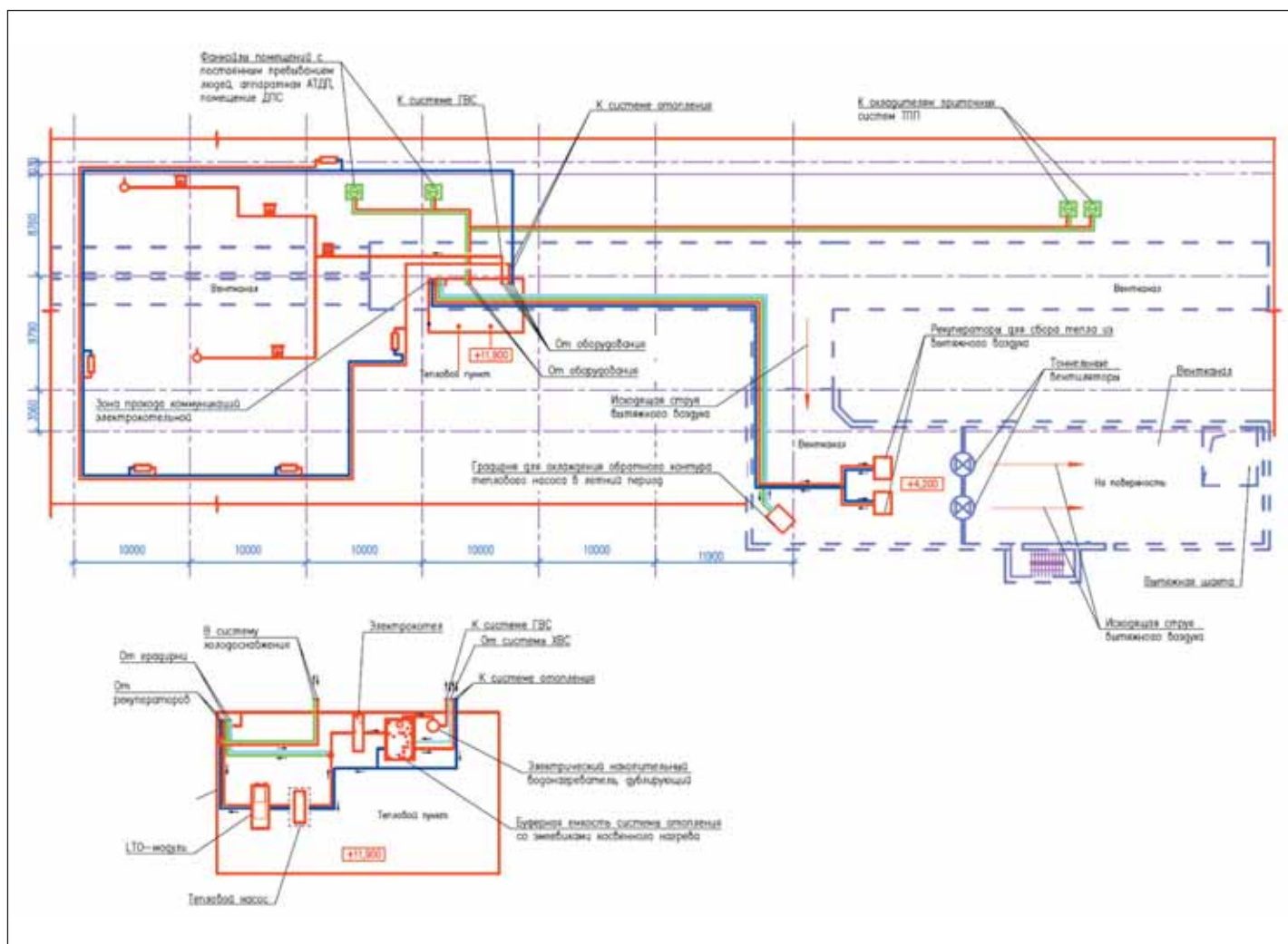


Рис. 2. Принципиальная схема теплового насоса на станциях с двухпутными тоннелями

• ежегодный расход на кондиционирование: $42 \text{ кВт} \times 24 \text{ ч} \times 30 \text{ дней} \times 12 \text{ мес} = 362880 \text{ кВт ч/год}$.

Итого на отопление и кондиционирование мы затрачиваем 665280 кВт ч/год .

В нашем случае, при использовании системы Jäspi LTO с КТП-3,5 и КХП-6 мы делим затраты на эти значения:

$302400 \text{ кВт ч/год} : 3,5 = 86400 \text{ кВт ч/год}$ – количество энергии, затрачиваемое на отопление;

$362880 \text{ кВт ч/год} : 6 = 60480 \text{ кВт ч/год}$ – количество энергии, затрачиваемое на кондиционирование.

Итого с тепловым насосом – 146880 кВт ч в год.

Таким образом, применяя данную технологию в указанной комплектации, мы имеем следующие плюсы: мощность отопления 60 кВт , одновременно мощность кондиционирования 42 кВт . Тогда затрачиваемая мощность в режиме отопления $60 : 3,5 = 17 \text{ кВт ч}$, а в режиме кондиционирования $60 : 6 = 10 \text{ кВт ч}$.

Выводы

Применение теплового насоса системой Jäspi LTO на станциях с двухпутными тоннелями позволяет:

• повысить энергоэффективность в 4–4,5 раз [8];

• использовать не только для систем отопления и ГВС, но и для систем кондиционирования в течение всего года;

• разместить оборудование в существующих помещениях венткамер и теплового пункта;

• выполнить транзитные прокладки технологических трубопроводов системы по станционным вентканалам;

• свободный доступ для эксплуатации при работе метрополитена;

• стоимость оборудования системы Jäspi LTO для станции сопоставима с оборудованием тоннельной вентиляции, располагаемой на станции.

Список литературы

- СП 120.13330.2012. Метрополитены. Актуализированная редакция. СНиП 32-02-2003.
- Рей Д. А., Макмайкл Д. Тепловые насосы./ 1982. Московская типография № 4, 221 с.
- П. Ландквист. Эволюция тепловых насосов/Энергосбережение –2011. -№ 5. –С. 72–76.
- OPAS 1 Jäspi LTO LVI-SUUNNITTELIJAN KÄSIKIRJA. ГИД 1 руководство проектировщика НРАС для системы Jäspi LTO/Финляндия, 100 с.
- OPAS 2 Jäspi LTO SÄHKÖSUUNNITTELIJAN KÄSIKIRJA ГИД 2 руководство электронпроект-

тировщика для системы Jäspi LTO/Финляндия, 105 с.

Б. Н. В. Шилкин. Системы отопления на базе теплонасосных установок. Подмосковный опыт//Сантехника –2012. –№ 4. –С. 16–24.

7. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

8. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).

Ключевые слова

Тепловой насос, теплосантехнические устройства метрополитена.

Heat pump, heat and sanitary facilities of the metro.

Для связи с авторами

Маслак Владимир Александрович
lmg@lenmetro.ru
Левина Елена Константиновна
lmg@lenmetro.ru
Мошин Сергей Сергеевич
lmg@lenmetro.ru
Михайлов Сергей Леонидович
lmg@lenmetro.ru



1 апреля 2019 г. Николаю Ивановичу Шумакову, заслуженному архитектору РФ, академику Российской академии художеств, президенту Союза архитекторов России, главному архитектору АО «Метрогипротранс» исполнилось 65 лет!

Николай Иванович является достойным примером беззаветного служения делу, которому посвятил свою жизнь.

Избрав в молодые годы непростую и ответственную профессию он по окончании в 1977 г. Московского архитектурного института весь свой трудовой путь связал с проектированием и строительством объектов промышленно-гражданского назначения, транспортных наземных и подземных сооружений.

Более сорока лет архитектор Н. И. Шумаков определяет стратегию развития архитектуры метро, разрабатывает новые концептуальные архитектурные решения подземных сооружений и транспортных объектов. Во многом благодаря ему искусство вернулось в архитектуру метро, сменив безликие интерьеры на выразительно образные подземные пространства. Открытость и лёгкость обновлённых интерьеров станции «Воробьёвы горы», поэтика нового вестибюля станции «Маяковская», торжественная сдержанность «Парка Победы», прозрачность станции «Зябликово» – это лишь незначительная часть работы архитектора, который вместе со своими коллегами неустанно придумывает всё новые сюжеты для столичной подземки. Только за последнее десятилетие под руководством Шумакова запроектированы и построены участок Большой кольцевой линии Московского метрополитена от станции «Деловой центр» до станции «Савёловская», монорельсовая транспортная система, высокоскоростная железнодорожная магистраль Москва – Казань с несколькими вокзалами.

Увлечённость объектами повышенной технической сложности дала весомый результат: в 2017 г. Николай Шумаков стал первым в России архитектором – обладателем престижной международной премии Огюста Перре. Какой ещё архитектор или художник может сказать, что на его творения каждый день смотрят восемь миллионов зрителей. Это примерно то количество людей, которые ежедневно пользуются только Московским метрополитеном! А ещё готовятся к запуску первые линии метро, спроектированные Шумаковым в Челябинске, Омске и даже в экзотическом государстве Мьянма.

Проведя в шахтах Метростроя практически всю свою архитектурную жизнь, Шумаков именно под землёй нашёл идеальную форму и там же вывел собственную формулу гармоничного пространства: это тоннели метро, лаконичные в бесконечности, безупречные в своей брутальной красоте, где всё подчинено точному математическому расчёту.

Выйдя ненадолго из метростроевских шахт и тоннелей, Шумаков начал штурмовать небо. Спроектировал крупнейший в Европе аэровокзальный комплекс во Внуково и первый в Москве вантовый мост через Москву-реку, названный Живописным. Мост не имеет аналогов по причине того, что полотно устремлённого ввысь ажурного моста размещается под острым углом к водной поверхности и визуально кажется парящим параллельно реке.

Однако все перечисленные достижения не принесли бы успеха и признания, если бы не вдумчивое и в меру философское осознание окружающего мира. Всему, что выходит из под его руки присущи лёгкость и гармония, пронизывающие даже самые серьёзные сюжеты, по которым создаются проекты, строятся объекты, пишутся картины.

Высокий профессионализм, широта интересов и знаний Николая Ивановича вносят заметный вклад в успешную деятельность АО «Метрогипротранс» по развитию транспортной инфраструктуры нашей необъятной Родины. Несмотря на огромную производственную нагрузку, Николай Иванович всегда находит время поделиться своим огромным опытом со студентами и молодыми специалистами. Присущие ему, помимо профессиональных, чисто человеческие качества – доброта, умение прислушаться и понять мнение своего оппонента, решительность в отстаивании своего творческого видения, всегда вызывают уважение. Похвально и его искреннее участие в делах Тоннельной ассоциации России, где Николай Иванович долгие годы работал в составе правления.

Дорогой Николай Иванович! Примите наши искренние поздравления с Вашим Юбилеем! Мы рады, что Вы встречаете его в здравии и полным желанием продолжать свою трудовую и общественную деятельность. Желаем Вам многих лет яркой и плодотворной жизни!

Правление Тоннельной ассоциации России

АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННОЕ РЕШЕНИЕ УЧАСТКА КАЛИНИНСКО-СОЛНЦЕВСКОЙ ЛИНИИ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА ОТ СТАНЦИИ «РАМЕНКИ» ДО СТАНЦИИ «ОЗЕРНАЯ»

ARCHITECTURAL-ARTISTIC SOLUTION OF THE PLOT KALININSKO-SOLNCEVSKAYA LINE OF MOSCOW SUBWAY FROM THE STATION «RAMENKI» TO THE STATION «OZERNAYA»

Н. И. Шумаков, главный архитектор АО «Метрогипротранс»

Л. Л. Борзенков, руководитель архитектурной мастерской АО «Метрогипротранс»

N. I. Shumakov, Chief Architect of JSC «Metrogiprotrans»

L. L. Borzenkov, Head of the architectural workshop of JSC «Metrogiprotrans»

Рассматривается архитектурная концепция участка линии, где основным композиционным элементом становится не отдельная станция, а весь участок линии, каждая станция которой является элементом единого архитектурного ансамбля.

Идея архитектурного единства линии с индивидуальным обликом каждой станции основана на общем стилистическом решении интерьеров вестибюлей и платформенных участков, применяя типовые конструктивные схемы станций.

The architectural concept of the site of the line is considered where not the certain station, but all site of the line which each station is an element of a uniform architectural complex becomes the basic composite element.

The idea of architectural unity of the line with the individual image of each station is based on the common stylistic decision of interiors of lobbies and platform sites, applying standard constructive schemes of stations.

Персональный состав авторского коллектива

Архитекторы: Борзенков Л. Л., Землянички И. Г., Костиков С. Ф., Уваров В. К., Нагиева Т. А., Солдатова Н. Н., Солдатов Т. Ю., Калько С. И., Джавадова Г. В.

Графический дизайн: Шурыгина Л. В.

Главный инженер проекта: Овчинников К. В.

Конструкторы: ст. «Мичуринский проспект» – Ханукова Э. И., Савельева Д. Е.; ст. «Озерная» – Васильева И. А., Багреева О. Е., Шаюнова Е. В.

Металлические конструкции, мостовое сооружение – Лабузов Д. В., Пилипчук М. Г.



Архитектурная концепция участка Калининско-Солнцевской линии Московского метрополитена, идущего от станции «Минская» до последней станции перед МКАД – «Озёрная», объединяет пять станций: «Минская», «Ломоносовский проспект», «Раменки», «Мичуринский проспект» и «Озёрная», выполненных в едином ключе, одним архитектурным приёмом. В предложенной концепции одним композиционным элементом становится не станция, а участок линии, каждая станция которой является элементом единого архитектурного ансамбля.

Идея архитектурного единства линии с индивидуальным обликом каждой станции основана на общем стилистическом решении интерьеров вестибюлей и платформенных участков, применяя типовые конструктивные схемы станций. Исключением является станция «Мичуринский проспект» за счет своего уникального расположения, однако она органично вписалась в архитектурный ансамбль этого участка линии. Каждая станция имеет свой доминирующий яркий цвет и рисунок, выполненный в гамме ее основного цвета, который присутствует на ключевых элементах станции и сопровождает пассажира от входа в вестибюль до посадки в вагон.

Рассматриваемый участок от станции «Раменки» до станции «Озёрная» проектируется в технической зоне метрополитена, в сложившейся градостроительной среде. Участок начинается от строящихся тупиков станции «Раменки», проходит вдоль Мичуринского проспекта, пересекая улицы Удальцова, Лобачевского, Никулинскую, Озёрную площадь, и заканчивается перед примыканием Озёрной улицы к Мичуринскому проспекту.

На участке размещены две станции: «Мичуринский проспект» и «Озёрная».

«Мичуринский проспект»

Станция «Мичуринский проспект» расположена вдоль проезжей части Мичуринского



проспекта возле его пересечения с улицей Удальцова, с северо-западной стороны от перекрестка. Из-за особенностей трассировки линии и рельефа местности станция выполнена полузаглублённой с развитой наземной технологической частью, встроенным в рельеф вестибюлем № 1 и надземным пешеходным переходом, ведущим от станции к вестибюлю № 2, который в перспективе будет объединён с одним из вестибюлей одноименной станции Третьего пересадочного контура. Ширина пешеходной связи между станцией и вестибюлем № 2 запроектирована на основе данных о перспективных пассажиропотоках.

Платформенная часть расположена в уровне ниже проезжей части со стороны Мичуринского проспекта и одновременно в уровне земли со стороны реки Очаковка. В путевой стене станции со стороны реки сделаны витражные проёмы на всю высоту стены, через которые открывается вид со станции на окружающую природу. Платформенный участок выполнен в монолитных железобетон-

ных конструкциях, он колонный, с расположением двух рядов колонн вдоль продольной оси станции, с шириной островной платформы 14 м, высотой в конструкции от уровня платформы до низа перекрытия 6,2–6,6 м.

Со стороны станции «Раменки» к платформе примыкает вестибюль № 1. В середине станции расположены эскалаторы, ведущие наверх в надземный пешеходный переход, перспективную пересадочную галерею, откуда, пройдя по мосту над проезжей частью Мичуринского проспекта, пассажиры метро попадают во временный вестибюль № 2. После ввода в эксплуатацию станции «Мичуринский проспект» Большой кольцевой линии (БКЛ) вестибюль № 2 будет переоборудован во входную зону объединённого вестибюля Калининско-Солнцевской линии (КСЛ) и БКЛ, а надземный пешеходный переход приобретёт заложенную в него функцию пересадочной галереи. Мост, соединяющий вестибюль № 2 с основным сооружением станции,





разделен на три зоны. Помимо основной широкой галереи для пассажиров метро, с южной стороны к нему примыкает коммуникационный коридор метрополитена и независимый от входов в метро городской пешеходный переход.

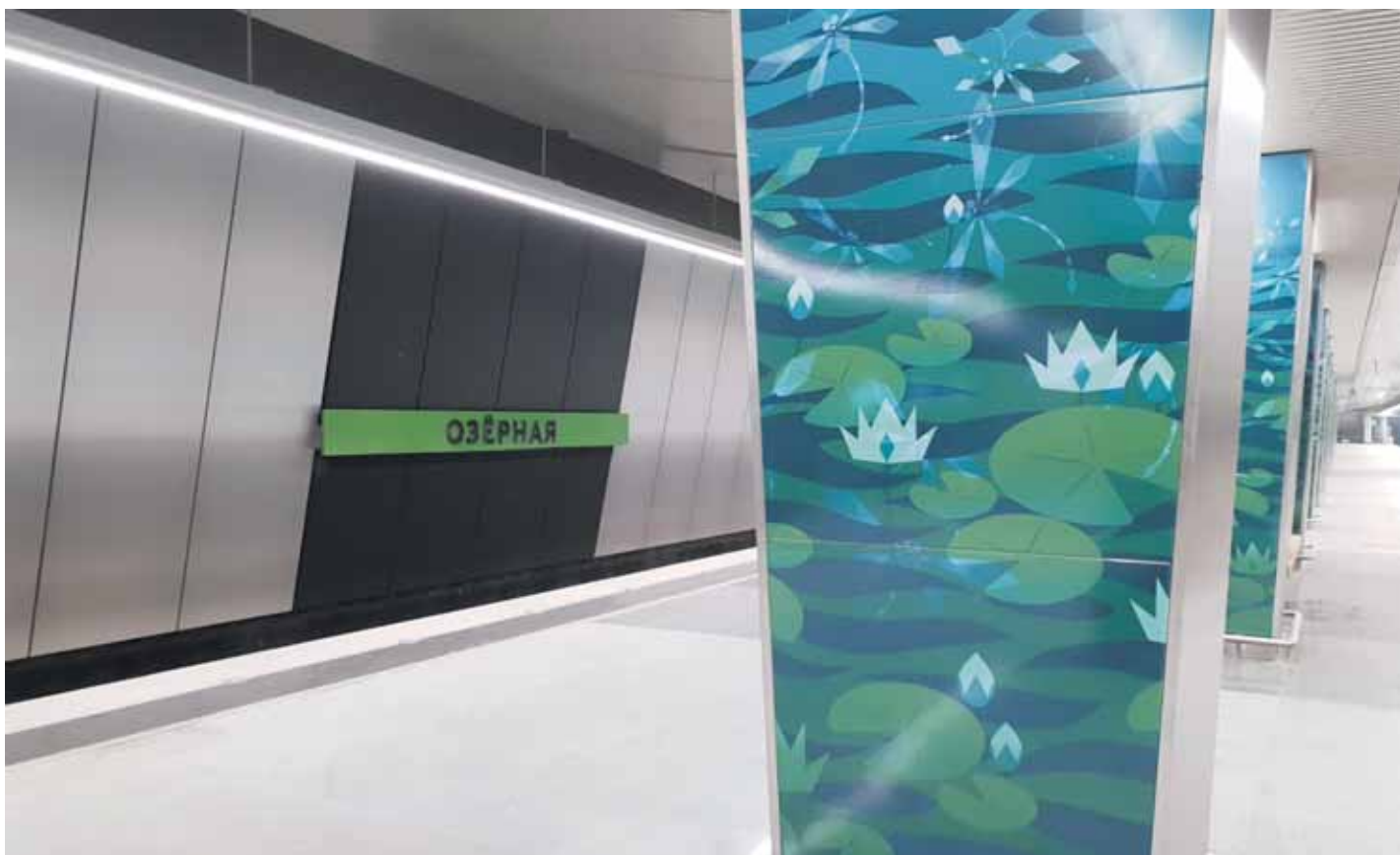
Большая часть объёма станционного комплекса представляет собой наземное сооружение. Наземные конструкции станции – это сочетание простых конструктивных схем, вследствие чего элементы отделки стали основой их архитектурного облика. Лаконичные формы станции, состоящие из взаимно пересекающихся параллелепипедов, – это знаковые элементы архитектуры транспортного сооружения – метрополитена.

В интерьерах выделены зоны с тематическими рисунками на темно-красном фо-

не с графическими элементами в виде стилизованных пересекающихся рисунков цветущих веток и созревших плодов деревьев. Интерьер символизирует достижения в области селекции растений знаменитого русского биолога и селекционера Ивана Владимировича Мичурина, в честь которого назван проспект, на котором находится станция. Изображения нанесены на металлокерамические панели в вестибюлях и на колоннах платформенного участка станции, а также на подсвеченных стеклянных панелях на одной из путевых стен платформенного участка. Фоновый красный цвет рисунков поддерживается на части стен вестибюлей и пешеходного перехода, облицованных металлокерамическими панелями. Тематиче-

ские рисунки выполнены и на части фасадов здания станции, облицованных сотовыми алюминиевыми панелями и металлокерамическими панелями.

Яркие цветные композиции уравновешены нейтральным серым цветом остальных стен интерьера станции, облицованных алюминиевыми сотовыми панелями с поверхностью под шлифованную нержавеющую сталь, панелями 3D perfo, вертикальной алюминиевой рейкой потолков вестибюлей и станции, а также поддерживают главную цветовую линию станции светло-серым и черным цветом полированного гранита на полах в вестибюлях и платформенного участка. Колонны и стены вестибюлей без рисунков облицованы черным габбро, который выходит дальше





на фасады, подчеркивая яркие зоны сочных рисунков. Гигантская надпись на главном фасаде, светящаяся в темное время суток, обращена к Мичуринскому проспекту, одновременно обозначая его географический центр и название станции, вблизи которого она находится.

«Озёрная»

Станция «Озёрная» расположена под Озёрной площадью с северной стороны Мичуринского проспекта. Ввиду стесненного пространства между сооружаемыми закрытым способом тоннелями, идущими к станции и от станции, станционный комплекс имеет длину 279 м. В станционный комплекс вписаны два вестибюля, две станционные венткамеры. Блок технических помещений и сооружение ТПП расположены над платформенной частью станции. Станционный комплекс сооружается открытым способом. Платформенный участок станции выполнен в типовых монолитных железобетонных конструкциях, он колонный, с расположением одного ряда колонн вдоль продольной оси платформы, с шириной островной платформы 12 м, высотой в конструкции от уровня платформы до низа перекрытия 4,8 м.

Конструктивная схема вестибюлей также принята типовой. Вестибюль № 1 связан со станцией лестничным спуском и имеет выход в пешеходные переходы, которые ведут к трем выходам с лифтами для инвалидов и маломобильных групп пассажиров, расположенным по обеим сторонам Никулинской улицы и Мичуринского проспекта. Пешеходный переход под Мичуринским проспектом запроектирован на минимальной глубине от проезжей части с тем, чтобы в перспективе было возможно построить автомобильный

тоннель вдоль Мичуринского проспекта на пересечении с Никулинской улицей. Выход из вестибюля в пешеходные переходы выполнен через аванзал, в стене которого предусмотрен перспективный проем, который будет открыт в при вводе в эксплуатацию ТПУ на Озёрной площади. Через данный проем будет осуществляться пассажирская связь с ТПУ.

Вестибюль № 2 связан со станцией тремя лентами эскалаторов и имеет выход с северной стороны Мичуринского проспекта в сторону остановочной и отстойно-разворотной площадок общественного транспорта на Озёрной площади. В перспективе предусматривается строительство по отдельному титулу – продление пешеходного перехода на северную сторону Озёрной улицы и примыкание пешеходного перехода под Мичуринским проспектом.

В интерьерах станции выделены зоны с тематическими рисунками, выполненными на подсвеченных стеклянных панелях витражей в вестибюлях, и на металлокерамических панелях колонн платформенного участка станции. Фоновый темно-зелёный цвет рисунков поддерживается на части стен вестибюлей и пешеходных переходов, облицованных металлокерамическими панелями.

Яркие цветные композиции уравновешены нейтральным серым цветом остальных стен, облицованных металлокерамическими панелями, металлической шлифованной поверхностью алюминиевых сотовых панелей, панелей 3D perfo, вертикальной алюминиевой рейкой потолков вестибюлей и станций, а также алюминиевых сотовых панелей путевых стен.

Рисунки в тематических зонах, в соответствии с концепцией художественного оформления участка, выполнены в виде абстрактной композиции и навеяны водной расти-

тельностью тихих водоемов, силуэты бликов на воде и рисунки кувшинок ассоциативно связывают их с названием станции. Фоновый цвет переходит со стен пешеходных переходов на торцевые стены и далее на потолки павильонов над лестничными сходами. Сочетание светло-серого и двух тонов темно-серого полированного гранита в вестибюлях и на платформенном участке и серого термообработанного гранита в пешеходных переходах и на лестничных спусках своим нейтральным цветом также поддерживают главную цветовую линию станции.

Архитектура наземных сооружений является неотъемлемой частью единой архитектурной композиции станционного комплекса. Лаконичные формы типовых стеклянных павильонов над лестничными входами в метро, с встроенными лифтами для инвалидов и маломобильных групп пассажиров, вентиляционные киоски, состоящие из взаимно пересекающихся параллелепипедов – это знаковые элементы архитектуры транспортного сооружения – метрополитена. Они вписаны в градостроительную ситуацию с учетом перспективного развития застройки и сетей наземного транспорта.

Ключевые слова

Архитектурная концепция, колористические решения, объемно-планировочные решения, декоративно-художественные композиции.

Architectural concept, color solutions, volume-planning solutions, decorative and artistic compositions.

Для связи с авторами

Шумаков Николай Иванович

ShNI@metrogiprotrans.com

Борзенков Леонид Леонидович

borzenkovL@metrogiprotrans.com



К ВОПРОСУ РАЗДЕЛЕНИЯ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ В ОДНОМ УРОВНЕ ЛИНИЙ БАКИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Ш. К. Эфендиев, А. М. Алиев, Тоннельная ассоциация Азербайджана

В статье рассмотрены вопросы целесообразных, безопасных и экономичных способов перекладки участков перегонных тоннелей с целью разделения линий Бакинского метрополитена, пересекающихся в одном уровне.

Станция «28 Мая» глубокого заложения, пилонного типа была построена в начале 60-х годов и пущена в эксплуатацию в 1967 г. в составе I очереди Бакинского метрополитена. Станция «28 Мая» расположена на пересечении двух линий (красной и зеленой) и благодаря наличию четырех групп камер съездов (две группы перед станцией и две группы за ней) обеспечивала пропуск поездов в разных направлениях на одном уровне.

Впоследствии, в целях обеспечения безопасности движения поездов и увеличения пропускной способности, Бакметропроектом был составлен проект «Реконструкция станции «28 Мая», который прошел экспертизу ЦУЭП и утвержден в установленном порядке МПС СССР.

Указанным проектом предусматривалось строительство новой пересадочной станции «Джафар Джаббарлы», расположенной параллельно к действующей ст. «28 Мая», и перекладка участков перегонных тоннелей как перед станцией, так и за ст. «28 Мая», с целью обеспечения раздельного движения поездов по отдельным направлениям.

К концу 90-х годов строительство новой станции «Джафар Джаббарлы», состоящей из левого и правого комплексов, было завершено, а после закрытия станции «Ха-

таи» участки перегонных тоннелей между станциями «28 Мая» и «Хатаи» благополучно переложены (переключены на новую станцию), и участок линии метро от станции «Джафар Джаббарлы» до «Хатаи» был пущен в эксплуатацию.

Нереализованными на сегодняшний день остаются работы по перекладке участков перегонных тоннелей перед ст. «28 Мая» (в сторону ст. «Низами»).

Следует особо отметить, что в утвержденном проекте «Реконструкция ст. «28 Мая» предусматривалось осуществить перекладку тоннелей перед ст. «28 Мая» (в сторону ст. «Низами») поочередно, т. е. если перекладка производилась по левому тоннелю, то по правому тоннелю на перегоне «28 Мая» – «Низами» движение поездов осуществлялось в направлении «туда» и «обратно» (челночное движение), а если перекладка производилась по правому тоннелю, то по левому осуществлялось челночное движение. При этом срок закрытия перегонного тоннеля для движения составлял более 10 месяцев.

Однако по соображениям обеспечения большей безопасности движения поездов было принято решение приступить к работам по перекладке тоннелей перед ст. «28 Мая» после завершения северного участка метрополитена с тремя станциями («Мемар Адже-

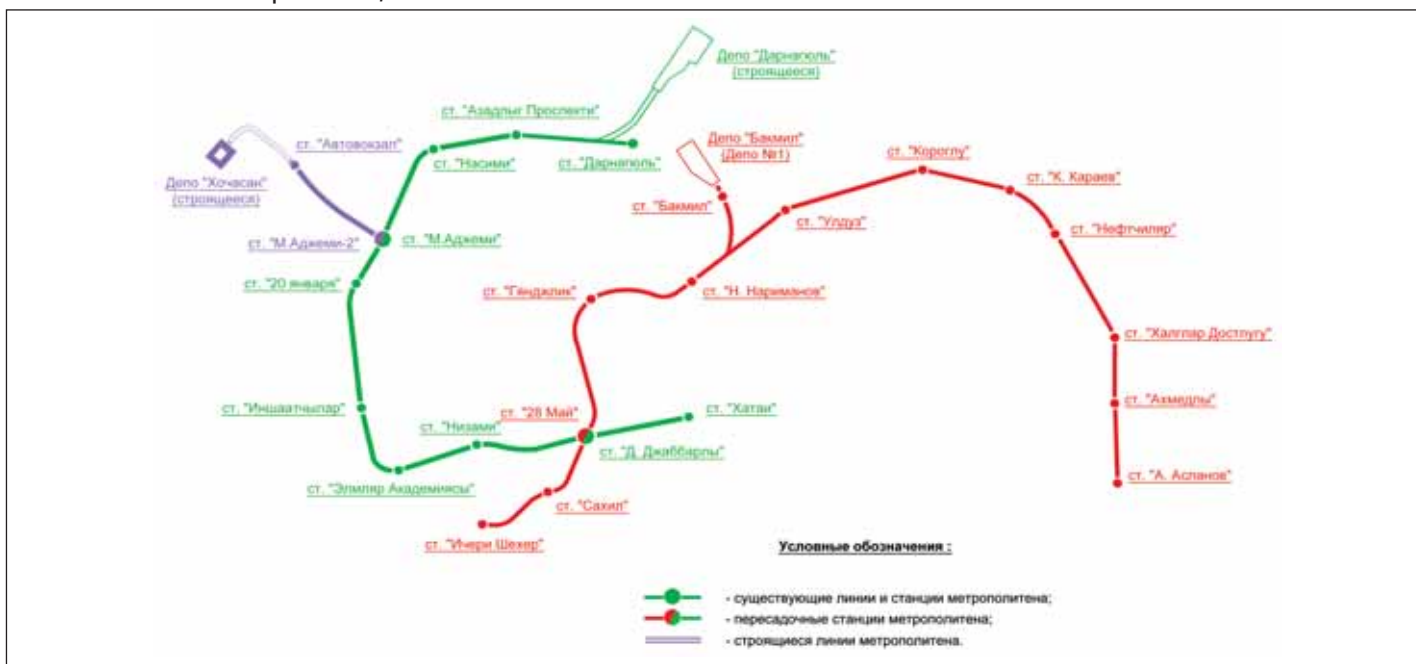
ми» – «Дарнагюль») и электродепо «Дарнагюль», что в свою очередь позволило бы эксплуатировать участок от ст. «Дарнагюль» до ст. «Низами» автономно (при наличии электродепо и оборотного съезда за ст. «Низами») и полностью закрыть для движения перегон «28 Мая» – «Низами» для осуществления одновременной перекладки правого и левого участков тоннелей.

Исходя из необходимости обеспечения большей безопасности движения поездов, а также с учетом строительства нового электродепо «Дарнагюль», Бакметропроектом с участием Ассоциации тоннельщиков Азербайджана разработан новый откорректированный проект по перекладке тоннелей перед ст. «28 Мая».

Откорректированным проектом предусматривается следующий порядок ведения работ по разделению линий:

- оба перегонных тоннеля между ст. «28 Мая» и ст. «Низами» закрываются для движения поездов на три месяца (после завершения нового электродепо «Дарнагюль»);
- с использованием имеющихся вспомогательных подземных выработок, одновременно с двух сторон ведутся работы по перекладке правого и левого участков тоннелей после предварительной забутовки перекладываемых участков;

Схема линий Бакинского метрополитена, 2018 г.



• проезд пассажиров между ст. «28 Мая» и ст. «Низами» осуществляется дополнительным наземным транспортом.

Для перекладки и сооружения правого и левого перегонных тоннелей соответственно на участках ПК 20+75.00 – ПК 21+60.53 и ПК 21+28.91 – ПК 22+05.00 между станциями «28 Мая» и «Низами» необходимо выполнить следующие работы:

- сдача в эксплуатацию депо «Дарнаголь» по северному участку Бакметрополитена III очереди;
- проходка нового ствола № 23а и подходной выработки к нему, вместо ликвидированного ствола № 23, для перекладки и сооружения левого перегонного тоннеля между станциями «28 Мая» и «Низами»;
- восстановление ствола шахты № 114 для перекладки и сооружения правого перегонного тоннеля на данном участке между станциями «28 Мая» и «Низами».

После выполнения вышеуказанных работ движение поездов между станциями «28 Мая» и «Низами» временно прекращается для перекладки и сооружения тоннелей на данных участках. При этом движение поездов будет осуществляться от ст. «Дарнаголь» до ст. «Низами» и обратно, используя имеющиеся съезды перед станциями.

С целью обеспечения более интенсивной работы, перекладка и сооружение обоих тоннелей начинается одновременно.

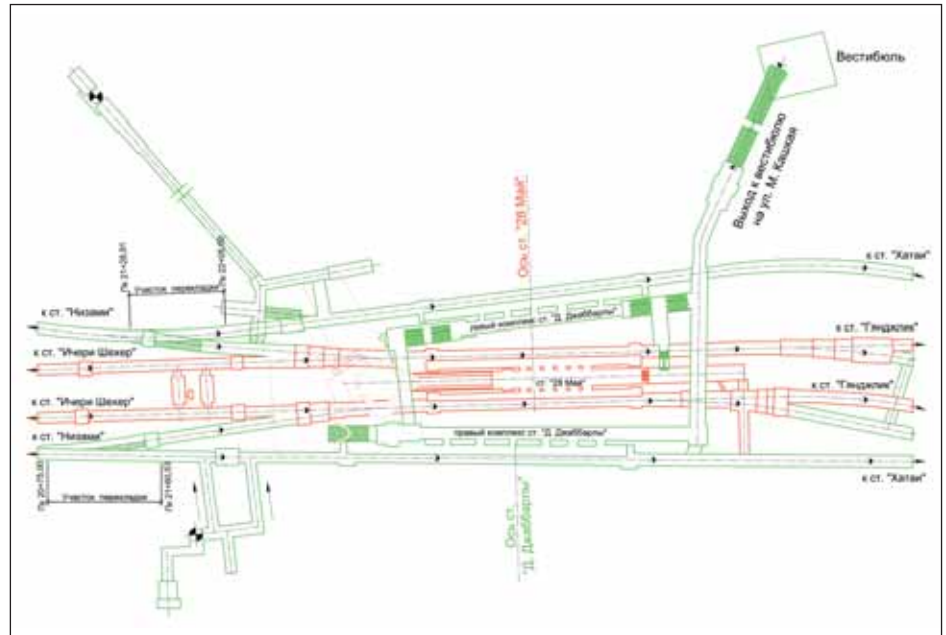
Работа по перекладке и сооружению правого тоннеля на участке ПК 20+75.00 – ПК 21+60.53 будет выполняться через ствол шахты № 114 и подходную выработку к нему. При этом ведется разборка временной железобетонной торцевой стены (крепление лба забоя), расположенной во вновь построенном перегонном тоннеле, за камерой металлоконструкции. Одновременно с началом разборки временной торцевой стены осуществляется заполнение цементно-песчаным раствором участка правого действующего тоннеля между станциями «28 Мая» и «Низами», от ПК 20+90.00 до существующей щитовой камеры.

В готовой камере металлоконструкции монтируется укладчик тоннельной обделки, с помощью которого осуществляется разборка обделки существующего тоннеля и монтаж сооружаемого правого перегонного тоннеля.

Разработка грунта при проходке правого тоннеля и разборка цементно-песчаного заполнения будет производиться отбойными молотками с погрузкой в вагонетки породопогрузочной машины, а в стесненных условиях – вручную.

На сооружаемом участке, расположенном на уклоне 40 % (спуск по направлению проходки), транспортировка грунта и материалов будет вестись с помощью лебедок методом концевой откатки.

Первичное нагнетание будет производиться за первое уложенное кольцо обделки, контрольное с отставанием на 30 м, согласно существующим строительным нормам.



План расположения станций «28 Мая» и «Джафар Джаббарлы»

По завершению врезки строящегося тоннеля в действующий тоннель осуществляется укладка жесткого основания и пути, после чего правый тоннель ст. «Низами» – «Джафар Джаббарлы» – «Хатаи» сдается в эксплуатацию.

Работа по перекладке обделки и сооружению левого перегонного тоннеля на участке ПК 21+28.91 – ПК 22+05.00 будет вестись через вновь построенный ствол шахты № 23а одновременно с правым перегонным тоннелем. До начала перекладки и горнопроходческих работ по левому перегонному тоннелю между станциями «28 Мая» и «Низами» на вышеуказанном участке должно быть выполнено заполнение цементно-песчаным раствором:

- отрезка действующего перегонного тоннеля на участке ПК 21+28.91 – ПК 22+04.39;
- участка подходной выработки к стволу № 23, в промежутке между левым действующим тоннелем ст. «28 Мая» – «Низами» и наружной гранью обделки проектируемого левого тоннеля того же перегона;
- действующей водоотливной установки в обделке СПВ, функции которой берет на себя новая водоотливная установка.

Проходческие работы начинаются с разборки временной железобетонной стенки в левом перегонном тоннеле на ПК 22+45.90.

Разработка грунта, монтаж обделки и погрузка грунта по левому тоннелю выполняются так же, как и в правом тоннеле. Выдача породы и подача материалов осуществляется через вновь пройденный ствол шахты № 23а, глубиной 27 м.

При заполнении правого и левого перегонных тоннелей цементно-песчаным раствором на вышеуказанных интервалах укладываются трубы для отвода воды в сторону станции.

По завершению врезки строящегося тоннеля в действующий тоннель осуществляется укладка жесткого основания и пути,

после чего левый тоннель ст. «Низами» – «Джафар Джаббарлы» – «Хатаи» сдается в эксплуатацию.

Участок левого и правого перегонных тоннелей между станциями «28 Мая» и «Низами», соответственно на ПК 21+28.91 – ПК 22+05.00 и ПК 20+75.00 – ПК 21+60.53, характеризуется более спокойным пологим рельефом, с разницей абсолютных отметок от 80.0 до 88.5 м.

В геологическом отношении в районе станции «28 Мая» и том числе на вышеуказанном участке перегонных тоннелей развиты отложения Бакинского возраста (т-Q1b), литологически представленные плотными, жирными глинами и переслаиванием супеси с глиной.

Глины, которые залегают в зоне перегонных тоннелей, характеризуются следующими физико-механическими показателями:

- удельный вес – 2,71-2,77 г/см³;
- объемный вес – 1,96-2,0 г/см³;
- естественная влажность – 28-29 %;
- число пластичности – 19-23;
- угол внутреннего трения Q = 14-23 %;
- сила сцепления – C = 1,2-1,3 кг/см²;
- модуль общей деформации – E = 45,4-197 кг/см².

Сами станции «28 Мая» и «Джафар Джаббарлы» сооружены в вышеуказанных плотных, тугопластичных глинах. При строительстве станций инженерно-геологические условия не наблюдались.

Ключевые слова

Разделение пересекающихся линий, перекладка тоннелей, забутовка тоннелей, проходка тоннельным укладчиком.

Для связи с авторами

Эфендиев Шаиг Керимович
azertunelby@mail.ru
Алиев Ариф Мамедович
azertunelby@mail.ru

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ РЕНОВАЦИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ МОСКВЫ

Д. С. Колюхов, АО «Мосинжпроект»

Закономерность современного этапа освоения подземного пространства – непрерывное возрастание значения подземного строительства во всем мире. Это явствует, в частности, из огромных усилий, предпринимаемых для улучшения транспортной инфраструктуры городов в Северной Америке и Юго-Восточной Азии, в особенности в Китае, Японии, Корее, Сингапуре. Значительная работа по созданию сетей канализации, строительству тоннелей – водопроводов и других коммуникаций, необходимых густонаселенным мегаполисам, проводится в Центральной и Южной Америке, в Северной и Южной Африке. Все больше правительств и муниципальных органов власти во всем мире осознают необходимость и преимущества использования подземного пространства. Всемирный тоннельный конгресс 2017 года и 43-я Генеральная Ассамблея Международной Тоннельной Ассоциации (ИТА) показали, что общий объем инвестиций в тоннелестроение и освоение подземного пространства в мире в 2016 г. достиг 86 млрд евро. Отмечается рост тоннелестроения на Ближнем Востоке, где инвестиции в отрасль составили 10,2 млрд евро, что сопоставимо с объединённой Европой (9,7 млрд евро). Лидером мирового тоннелестроения остаётся Китай, занимающий около 50 % рынка. Международная Тоннельная Ассоциация прогнозирует рост мирового рынка тоннелестроения до 680 млрд евро в течение 8 лет, при том что 75 % от общего объёма тоннелестроения будет сосредоточено в Индии, Юго-Восточной Азии и Китае [2].

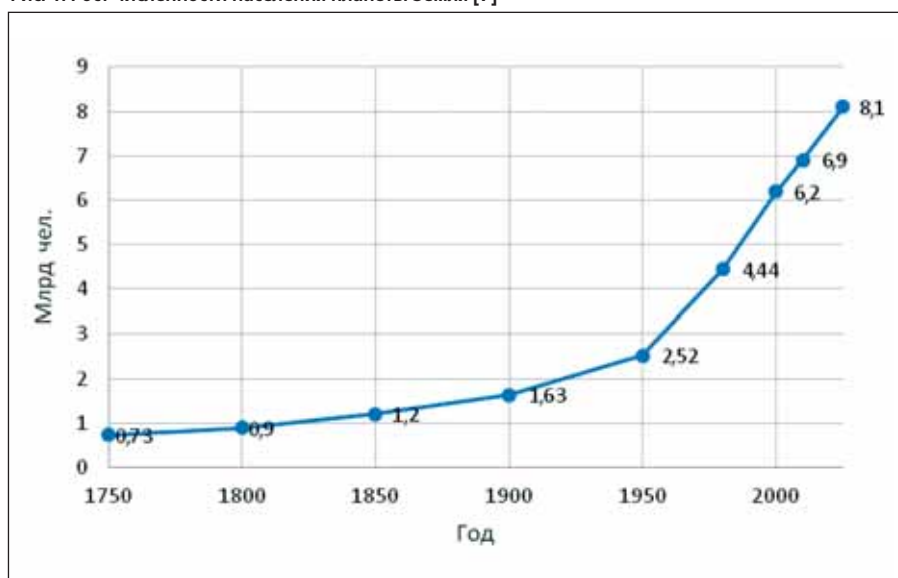
Необходимо подчеркнуть особенно важную роль освоения подземного пространства в связи с ростом населения Земли. Прогнозируется, что к 2025 году население Земли составит 8,1 млрд чел. (рис. 1).

Аналогичным образом растет население крупнейших городов мира, в том числе и Москвы. По данным на 1 января 2017 г., население Москвы выросло с 2012 г. более чем на 1,1 млн чел и составило 12,38 млн чел (рис. 2).

Программой реновации жилищного фонда в городе Москве [3] предусматривается «совокупность мероприятий, направленных на обновление среды жизнедеятельности и создание благоприятных условий проживания граждан, общественного пространства в целях предотвращения роста аварийного жилищного фонда в городе Москве, обеспечения развития жилых территорий и их благоустройства». При этом «реновация жилищного фонда осуществляется с учетом развития сети объектов инфраструктуры, создания дополнительных условий для развития человеческого потенциала, экологии, что обеспечивает комплексное развитие территории в соответствии с современными требованиями к городской среде... При реализации Программы реновации должно быть обеспечено создание комфортной среды проживания граждан, в том числе путем установления дополнительных требований к благоустройству территории, формированию улично-дорожной сети, парковочного пространства, тротуаров прифасадной зоны, организации дворовых и внутриквартальных озелененных территорий».

Создание комфортной среды проживания – это не только «комфортное жильё», но комфортная городская среда, включающая в себя совокупность жилых, транспортных, социальных, культурно-развлекательных и природных кластеров. Сейчас, возможно впервые за свою тысячелетнюю историю, Москва становится городом удобным для жизни. Появились широкие тротуары, велодорожки, организованные парковки, благоустроенные парки, растёт сеть дорог и общественного транспорта. Очень важно учесть этот опыт и при реновации жилой застройки. Комфортное жильё без организации комфортной городской среды превратит кварталы реновации в новые спальные районы массовой жилой застройки. Мегаполис завтрашнего дня – это экологически безопасный, энергоэффективный, доступный и ориентированный на человека город, в котором приоритет отдается эффективному использованию природных ресурсов, сокращению загрязнения окружающей среды и потребления [6].

Рис. 1. Рост численности населения планеты Земля [7]



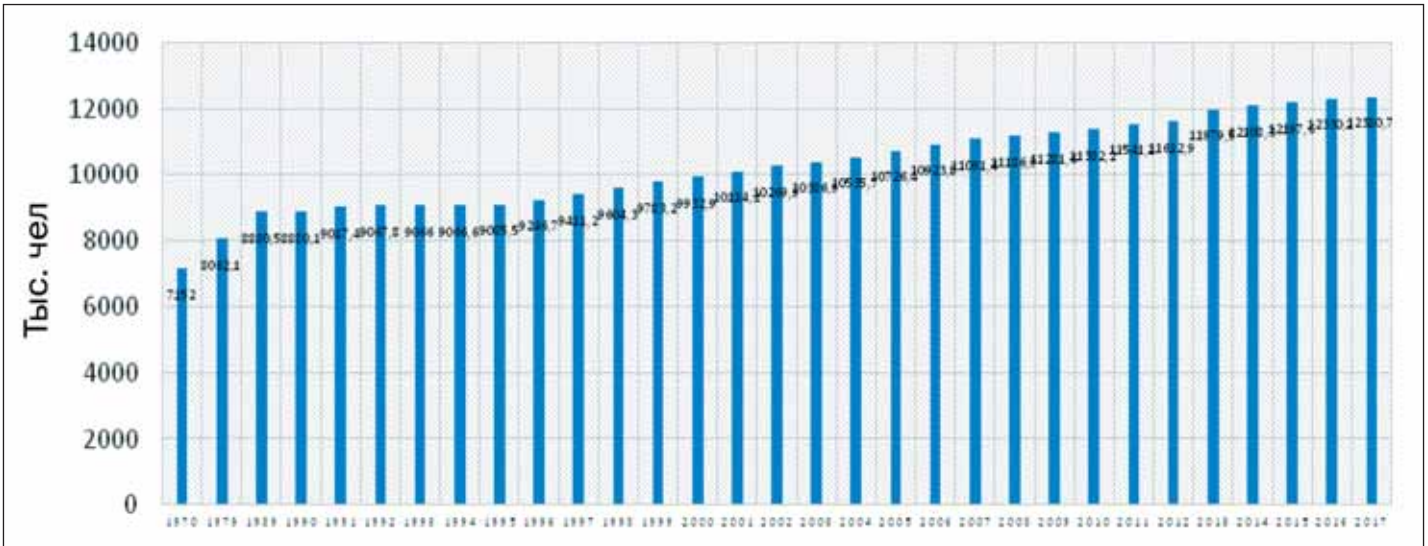


Рис. 2. Рост численности населения Москвы (по данным Мосгорстат¹)

Использование подземного пространства позволяет создать 4-е измерение привычной городской среды, дает возможность возводить компактные инфраструктурные комплексы на ограниченной территории, минимизировать экологический ущерб от строительства и повысить качество жизни населения. В теории, Вы не найдете противников идеи освоения подземного пространства Москвы, в том числе в районах реновации жилой застройки. Признается социальная значимость, рост цен на недвижимость и проч. Однако на практике используется каждый метр свободной поверхности, а к возведению подземных сооружений прибегают как к последнему средству, когда все другие возможности уже исчерпаны. Забывая при этом, что планируя районы реновации мы не только решаем повседневные задачи, но создаем своеобразный градостроительный задел минимум на ближайшие 50–100 лет. По мнению зарубежных исследователей [4, 5], к созданию городской инфраструктуры нового поколения нужно подходить, в первую очередь, с экологической точки зрения. Для этого в [5] предлагаются следующие критерии:

- комплексное использование территории, в том числе ее многократное использование;
- исключение дублирующих процессов при эксплуатации и обслуживании территории;
- синергетический эффект от использования энергии и ресурсов;
- минимальное воздействие на природно-техногенную среду;
- создание новых рабочих мест и налоговых поступлений;
- устойчивое развитие.

В качестве примера подобного подхода можно рассмотреть транспортно-пересадочный узел в Сан-Франциско, Калифорния, США, построенный на месте старого здания. Транспортно-пересадочный узел представляет собой энергоэффективный, мно-

гофункциональный объект с парковой зоной на верхнем уровне и повторным использованием переработанных строительных материалов после сноса существующего здания. Дождевая вода, собираемая в парковой зоне, после соответствующей очистки используется в системе питьевого водоснабжения. Вентиляционная система обеспечивает естественную вентиляцию объекта, что, в частности, приводит к снижению энергозатрат на кондиционирование.

При этом модель развития районов реновации должна учитывать следующие принципы долгосрочного планирования:

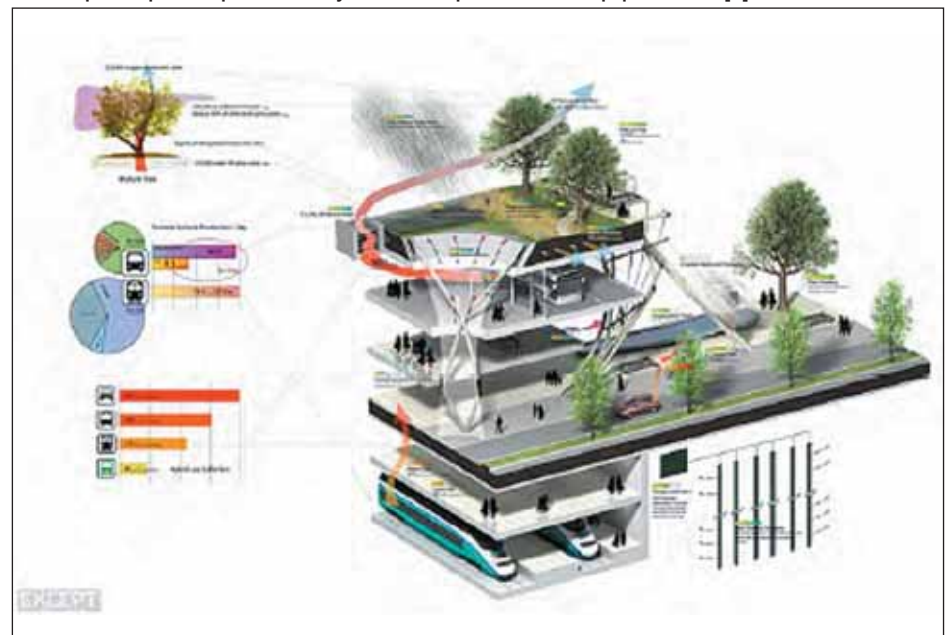
- взаимодополняемости – например, проектируемые транспортные системы района реновации должны обеспечивать быстрое и комфортное перемещение человека от дверей его квартиры до дверей вагона метро;

- взаимозаменяемости – в частности, объекты гражданской обороны должны проектироваться как парковки, склады магазинов, фитнес центры, хранилища библиотек и проч.;
- безопасности;
- централизации систем мониторинга, управления и обслуживания;
- социального развития.

Решение этих задач возможно только путём комплексного освоения подземного пространства с учётом квартального принципа застройки. В первую очередь это касается таких районов как Перово, Северное Измайлово, Можайский, Фили-Давыдково, Головинский, Коптево, Бабушкинский, Хорошево-Мневники, Южное Тушино и ряд других.

Для этих территорий необходимо предусматривать устройство под жилым микрорайоном единой подземной части, в которой будут размещаться:

Рис. 3. Транспортно-пересадочный узел в Сан-Франциско, Калифорния, США [4]



¹ http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/moscow/ru/statistics/population/

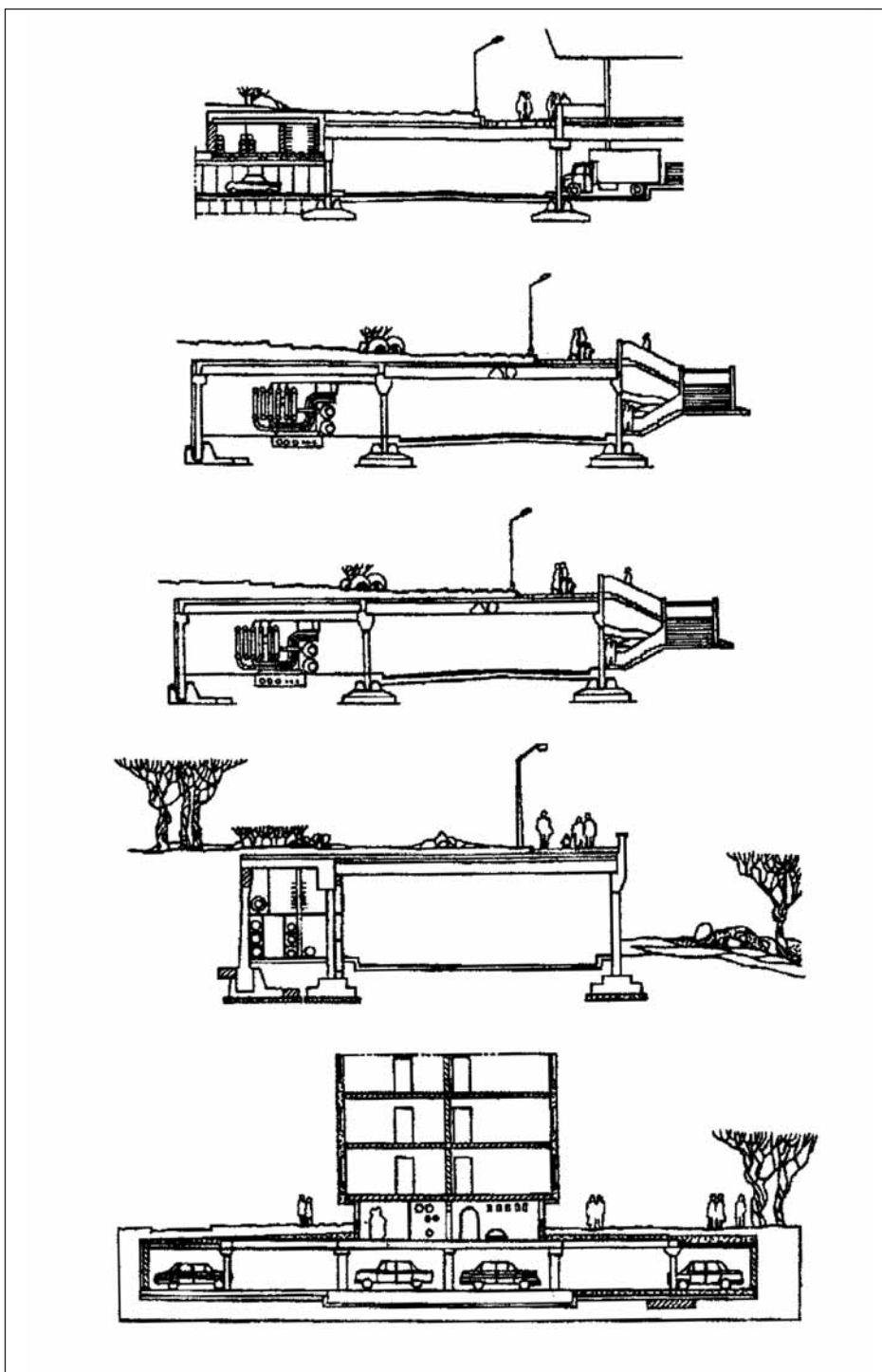


Рис. 4. Экспериментальный район Северное Чертаново [1]

- подземные автостоянки, включая места для постоянного и гостевого хранения автотранспорта;
- подземная транспортная сеть: проезжая часть для автомобилей и общественного транспорта, тротуары для движения пешеходов, остановочные пункты общественного транспорта;
- подъездные пути, разгрузочные площадки и склады предприятий торговли, бытового обслуживания, общественного питания и проч.;
- предприятия торговли, бытового обслуживания, общественного питания и проч.;
- сооружения инженерной инфраструктуры микрорайона, в том числе: районные

трансформаторные подстанции, инженерные сети, объекты централизованного сбора и удаления мусора;

- хранилища и архивы государственных и муниципальных учреждений;
- отдельные помещения медицинских учреждений;
- книгохранилища библиотек;
- объекты гражданской обороны.

Подобное решение позволит практически полностью разделить жилую и инженерную зоны микрорайона. Наземная часть будет отдана жилой застройке, детским садам, школам, больницам, ландшафтно-парковым зонам. За счет перевода всей транспортной и инженерной инфра-

структуры в подземную часть микрорайона будет обеспечена максимальная безопасность жителей, снижение дорожно-транспортных происшествий, улучшена экологическая обстановка и в целом повышено качество жизни горожан.

Примером подобного решения может быть экспериментальный район Северное Чертаново, построенный в 1970-х годах (рис. 4). Район был спроектирован как «город в городе» и включал в себя локальные бытовую, торговую, культурную, административную зоны. При этом в микрорайоне была реализована единая система обслуживания зданий с подземными автостоянками, пневматическим удалением мусора и централизованным контролем инженерных систем.

Использование опыта, накопленного строителями и проектировщиками Москвы, инновационных решений по ресурсосбережению, зонированию территории, организации транспортной доступности с преобладанием скоростной массовой перевозки пассажиров, ведение в составе жилых микрорайонов объектов социальной инфраструктуры позволит не просто построить новые спальные районы Москвы, а создать город, удобный для жизни, и, в конечном итоге, повысить инвестиционную привлекательность районов реновации.

Список литературы

1. Голубев Г. Е. Подземная урбанистика и город. – М.: ИПЦ МИКХиС, 2005.
2. Конохов Д. С., Андреев А. А., Вдовин А. А. и др. Освоение подземного пространства – как решение градостроительных проблем. – Метро и тоннели, № 3–4, 2017. с. 2–5.
3. Постановление правительства Москвы № 497-ПП от 1 августа 2017 года «Программа реновации жилищного фонда в городе Москве».
4. Admiral H., Cornado A. Dankable and investment-ready underground space developments. 16th World Conference of the Associated Research Centers for the Urban Underground Space. – Hong Kong, 2018.
5. Brown, H. Next Generation Infrastructure: Principles for Post-Industrial Public Works. doi: 10.5822/978-1-61091-202-0, 2014.
6. Huanqing L., Yiqun F. Deep shanghai project – a resilient strategy for infrastructure integration. 16th World Conference of the Associated Research Centers for the Urban Underground Space. – Hong Kong, 2018.
7. Hongjun W. Earth human settlement ecosystem and underground space research. 15th World Conference of Associated Research Centrs for the Urban Underground Space. Underground Urbanization as a Prerequisite for Sustainable Development. Conference Proceedings. 12–15 September 2016. Saint Petersburg, Russia. – Saint Petersburg, 2016. – p. 482–493.

Для связи с автором

Конюхов Дмитрий Сергеевич
gidrotehnik@inbox.ru





1 мая 2019 г. доктору технических наук, профессору кафедры мостов и тоннелей Российского университета транспорта (МИИТ) Евгению Николаевичу Курбацкому исполнилось 80 лет.

Евгений Николаевич начал свою трудовую деятельность в 1956 г. и прошел славный трудовой путь от кочегара паровозного депо до заведующего кафедрой Московского государственного университета путей сообщения.

Е. Н. Курбацкий является ведущим высококвалифицированным специалистом в области динамики механических систем. Защищал диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук по теме «Динамика элементов ферм металлических мостов» и диссертацию на соискание доктора технических наук по теме «Метод

решения задач строительной механики и теории упругости, основанный на свойствах изображений Фурье финитных функций».

Имеет свыше 100 научных публикаций и более 20 выступлений на международных и всероссийских конференциях.

За последние годы под руководством Е. Н. Курбацкого выполнено много работ, связанных с использованием научных достижений в практике строительства и реконструкции искусственных сооружений. В частности, производилось измерение напряженно-деформированного состояния элементов пролетного строения Андреевского моста при испытаниях временной нагрузкой, контролировалось напряжение в коробчатых сечениях при надвигке пролетного строения Бережковского моста и моста через реку Волхов.

При непосредственном участии и руководстве проводилось научное сопровождение строительства станции метрополитена «Парк Победы», разработаны виброзащитные конструкции пути в тоннеле под площадью имени Гагарина в г. Москве и для метрополитена в г. Казани.

Под руководством Е. Н. Курбацкого выполнен большой объем работ за рубежом по оценке сейсмостойкости строительных конструкций, технологических мостов и тоннелей атомной электростанции «Бушер» в Иране.

В настоящее время коллектив, возглавляемый Е. Н. Курбацким, проводит научное сопровождение строительства, связанное с защитой зданий и сооружений от вибраций, создаваемых поездами наземного и подземного транспорта.

Совместно с сотрудниками кафедры пути и путевого хозяйства проводятся исследования по оценке воздействия скоростных поездов на земляное полотно на подходах к мостам и тоннелям.

В настоящее время Е. Н. Курбацкий участвует в разработке проекта Федеральных норм и правил «Нормы проектирования атомных станций на сейсмостойкость».

Евгений Николаевич успешно занимается педагогической деятельностью, им подготовлены и читаются следующие курсы лекций для студентов: «Проектирование мостов для районов с повышенной сейсмической активностью», «Проектирование подземных сооружений для районов с повышенной сейсмической активностью», «Аварийные ситуации при строительстве тоннелей». Для аспирантов разработан курс лекций и методические указания «Приложение обобщённых функций и преобразования Фурье в задачах механики».

Е. Н. Курбацким подготовлено к защите более десяти аспирантов, среди которых аспиранты из Вьетнама, Сирийской Арабской Республики и Мьянмы.

Его научные заслуги в области подземного строительства и заслуги в педагогической деятельности общепризнаны, в связи с чем он является членом экспертного совета Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации (ВАК), членом общероссийского Национального Комитета по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию, представителем Тоннельной ассоциации России в рабочих группах Международной Тоннельной Ассоциации.

Евгений Николаевич является активным членом Тоннельной ассоциации и многие годы входит в состав ее правления, щедро делится знаниями и результатами своих исследований в ходе научно-технических конференций и семинаров.

Правление Тоннельной ассоциации России от имени всех ее членов поздравляет Евгения Николаевича Курбацкого с 80-летием со дня рождения и желает юбиляру здоровья и многих лет активной жизни, неиссякаемой творческой энергии и счастья, в том числе от успехов своих учеников.

Правление Тоннельной ассоциации России

ПРОЕКТ САМОГО ДЛИННОГО МОРСКОГО ПОДВОДНОГО ТОННЕЛЯ

В. В. Космин, академик РАТ, Москва

В Балтийском море под Финским заливом намечается прокладка подводного транспортного тоннельного перехода для связи Финляндии и Эстонии, который станет самым длинным в мире и соединит столицы этих двух государств. Конечными пунктами рассматриваются ст. Пасила близ Хельсинки и ст. Юлемисте близ Таллина. Уже завершены предварительные технико-экономические проработки.

В настоящее время транспортная связь между Финляндией и Эстонией обеспечивается паромом, который преодолевает Финский залив шириной в этом месте около 80 км, и для этого требуется сравнительно много времени. В то же время потребность в перевозках между двумя странами велика, и сооружение подводного тоннеля даст возможность значительно, до получаса, уменьшить время в пути (парому на пересечение Финского залива требуется порядка двух часов), организовать надежную, быструю и удобную транспортную связь не только указанных двух стран, но и других стран Балтии и Западной Европы со Скандинавией, объединив две железнодорожные системы (рис. 1) в рамках проекта Rail Baltica. При выборе типа тоннеля учитывались трудности организации движения автотранспорта по столь длинному замкнутому сооружению, и в результате решение было принято в пользу железнодорожного тоннеля. Несмотря на одинаковую в Финляндии и Эстонии железнодорожную колею 1520 мм, тоннель предполагается построить под европейскую колею 1435 мм для обеспечения беспрепятственного пропуска следующих из Европы поездов. Расчетная скорость движения поездов 250 км/ч. Поезда челночного типа: два локомотива и восемь вагонов.

Одновременно появится возможность создания единого экономического района и единого рынка труда на территории с численностью населения порядка полутора миллионов человек – своего рода мегаполис, охватывающий южную часть Финляндии и район Таллина, население которых заинтересовано в приложении труда, создании бизнеса, перевозках грузов и в туризме. Предпосылками для создания такого мегаполиса являются современные еженедельные трудовые миграции тысяч эстонцев в Финляндию, а также устойчивые поездки миллионов финнов в Эстонию с целью покупок и отдыха. В настоящее время ежегодно паромные перевозки обслуживают 8 млн пассажиров, перевозят 1,2 млн легковых автомобилей и 3 млн т грузов.

Включение подводного тоннеля для скоростного железнодорожного движения радикально преобразует систему транспортных коммуникаций в рассмат-



Рис. 1. Перспективная схема соединения Хельсинки с европейскими странами с помощью подводного тоннеля под Финским заливом

риваемом регионе и за счет резкого сокращения времени в пути значительно раздвинет границы района тяготения, фактически – обусловит формирование мегаполиса (рис. 2).

Геологическое строение района достаточно пестрое (рис. 3) и включает: 1 – известняки, мергели, алевролитовые песчаники, песчаники, конгломераты (от среднекембрийского до пермского); 2 – конгломераты, песчаники, алевролиты, сланцевые глины (от Вендия до Нижнего кем-

брия); 3 – граниты, габбросиениты, сиениты; 4 – граниты, пегматиты; 5 – гранодиориты, тоналиты, граниты, габбросиениты, сиениты, метаморфические аналоги гиперстеннов; 6 – габбро, диориты, ультрамафические скальные породы; 7 – темновесные метавулканические скальные породы; 8 – фельсические и промежуточные метавулканические скальные породы; 9 – метаграувакковые известняки, металевролиты, метапесчаники, слюдистые сланцы, графитовые и/или слюдосодержащие

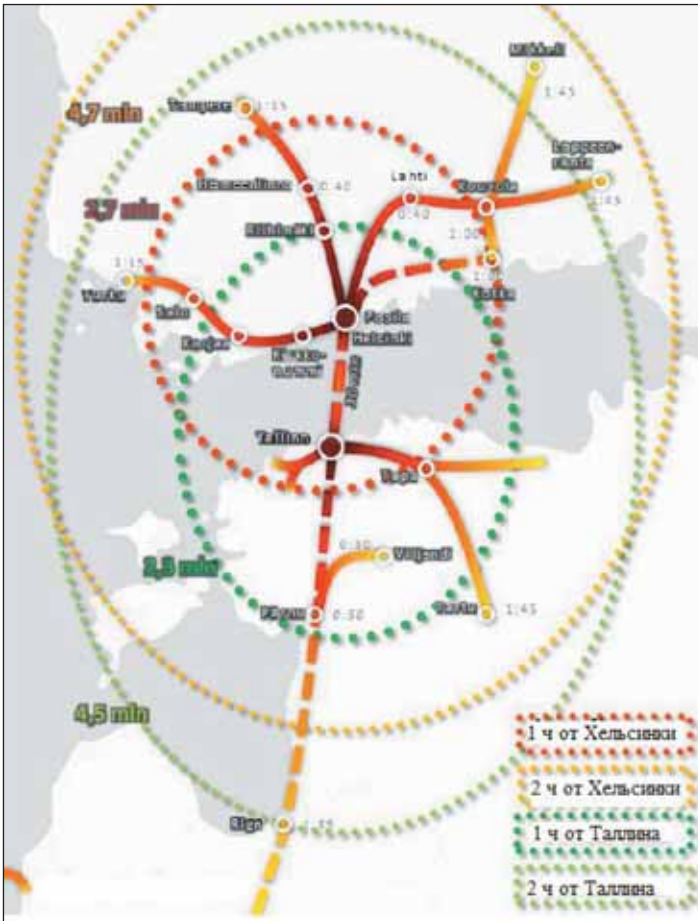


Рис. 2. Границы мегаполиса по ожидаемому времени хода поезда

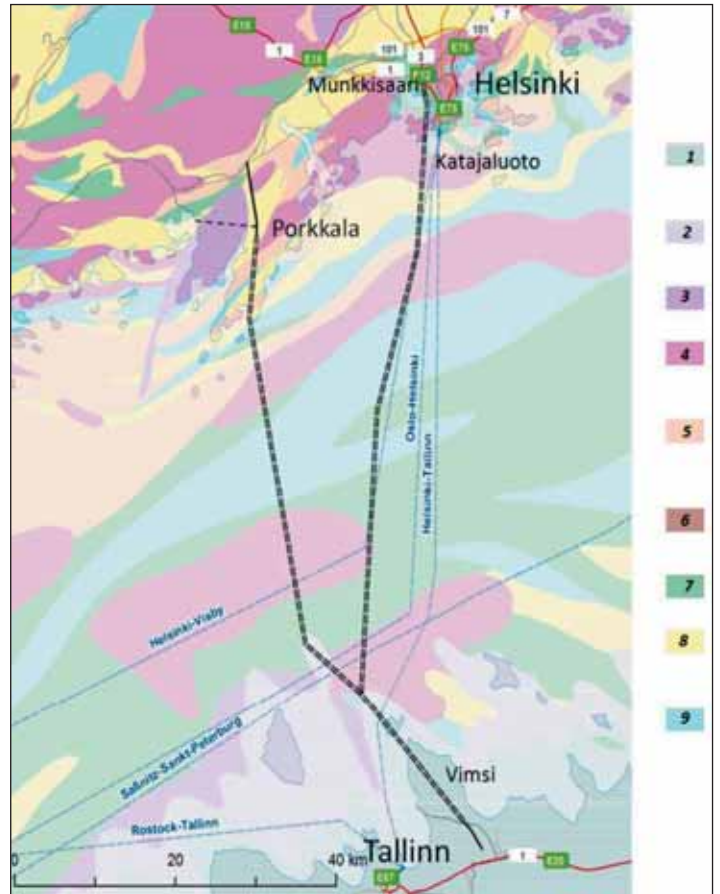


Рис. 3. Инженерно-геологическая карта района вариантов подводного тоннеля между Эстонией и Финляндией

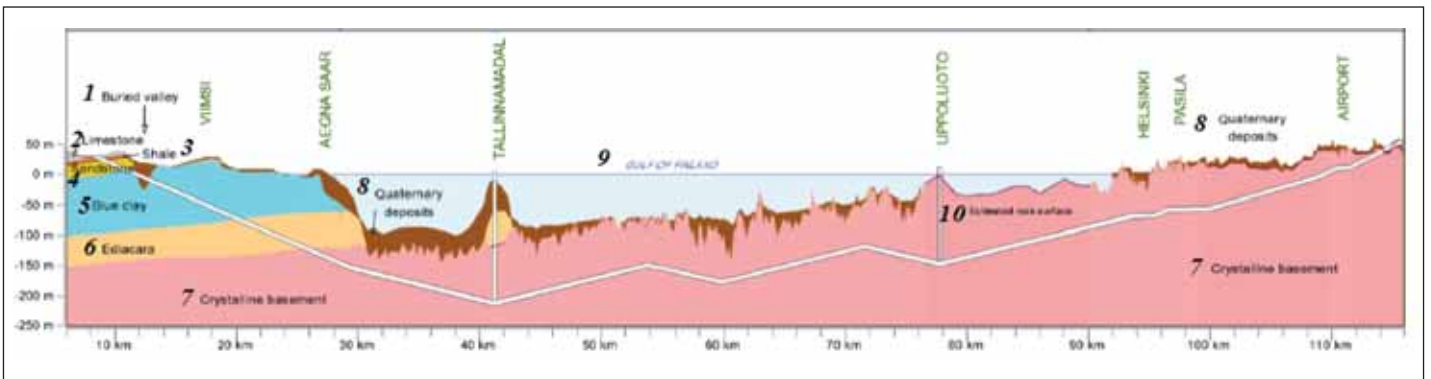


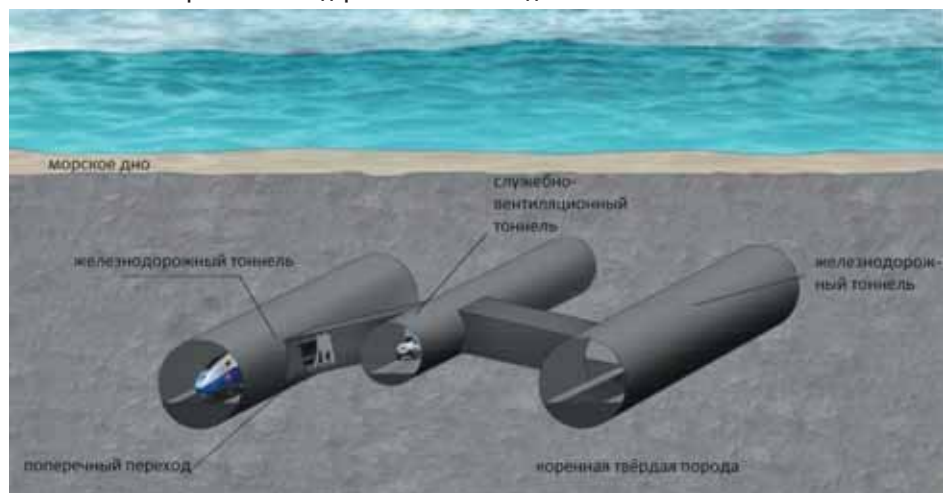
Рис. 4. Инженерно-геологический профиль по створу подводного тоннеля

сланцевые парагнейсы, амфиболиты и переслаивания.

Тоннель местами предполагается проложить на глубине до 200 м в зависимости от подстилающей скальной породы (рис. 4, где 1 – погребенная долина; 2 – известняк; 3 – глинистый сланец; 4 – песчаник; 5 – голубые глины; 6 – эдиакара; 7 – кристаллическое основание; 8 – четвертичные отложения; 9 – уровень воды в Финском заливе; 10 – предполагаемый уровень поверхности горных пород). Благоприятными в геологическом отношении являются створы Pasila – Muuga – Ülemiste, Pasila – Porkkala – Muuga – Ülemiste.

Рассматривалось пять вариантов тоннельного пересечения: Pasila – Muuga – Ülemiste (тоннель 85 км, подходы 20 км, кратчайшее

Рис. 5. Основной вариант железнодорожного тоннеля под Финским заливом



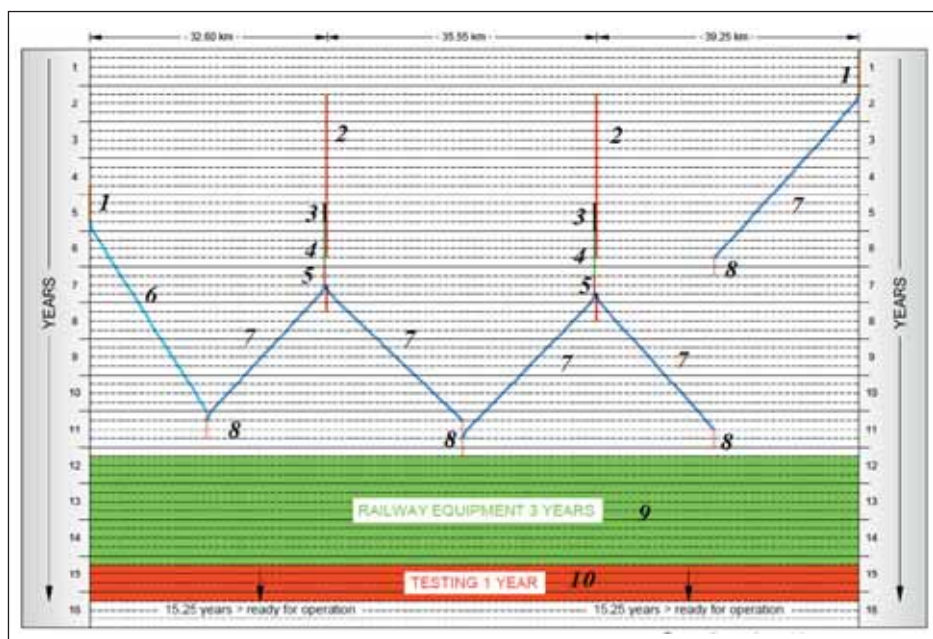


Рис. 6. Укрупненный график организации строительных работ по прокладке подводного тоннеля

время в пути между центрами Хельсинки и Таллина, наилучшая связь с существующей транспортной сетью), Pasila – Naissaar – Paljasaare – Ülemiste (тоннель 77 км, подходы 25 км), Pasila – Porkkala – Muuga – Ülemiste (тоннель наименьшей длины – 65 км, вероятно, самый дешевый вариант, связь с существующей сетью слабая), Vuosaari – Aegna – Muuga – Ülemiste (тоннель 92 км, подходы

Рис. 7. Общая схема транспортного тоннельного перехода Хельсинки – Таллин под Финским заливом



20 км, неудобная связь с существующим пассажирским транспортом), Vuosaari – Maardu – Muuga – Ülemiste (тоннель 82 км, подходы 17 км, неудобная связь с существующим пассажирским транспортом).

Возможные конструкции тоннеля: двухпутный железнодорожный тоннель + вентиляционный тоннель + служебно-спасательный тоннель + поперечные переходы примерно через 400 м (создается возможность переключения движения с одного пути на другой, но возникают трудности по организации движения со скоростями 250 км/ч), два однопутных тоннеля + совмещенный служебный и вентиляционный тоннель между ними, поперечные переходы примерно через 400 м, скорость 250 км/ч реализуема, невозможно переключение движения с одного пути на другой – принят в качестве основного (рис. 5) для дальнейшей проработки как наиболее перспективный в отношении стоимостных показателей, безопасности, эксплуатационных достоинств.

Анализировались различные варианты сооружения тоннеля: горным способом (буровзрывной способ или тоннелепроходческим механизированным комплексом, наиболее приемлемый по срокам строительства и экологическим соображениям), горным способом и с мостами на подходах, погружные тоннельные желе-

зобетонные секции (экологически наименее приемлемый).

Для обслуживания тоннеля потребуется строительство искусственного острова площадью 6 га, где предстоит разместить ветрогенераторы для обеспечения электроснабжения тоннеля.

Ориентировочный срок строительства тоннеля – 10–15 лет. По планам, тоннель может быть сдан в эксплуатацию после 2030 г. Примерный график организации строительных работ приведен на рис. 6, где 1 – подготовительные работы в припортовой зоне; 2 – сооружение искусственных островов; 3 – сооружение промежуточных входов (вертикальные шахты / наклонные тоннели); 4 – сооружение приемков для сборки/разборки тоннелепроходческих механизированных комплексов ТПМК; 5 – сборка ТПМК и сооружение дополнительной инфраструктуры; 6 – проходка тоннеля с помощью ТПМК (щит с гидropriгрузом или с грунтопригрузом); 7 – проходка тоннеля с помощью ТПМК (проходческий щит с открытым забоем); 8 – демонтаж ТПМК; 9 – устройство железнодорожного пути; 10 – испытания.

Общая стоимость тоннеля оценивается 9–13 млрд евро, в том числе 3 млрд на прокладку тоннеля, 2–3 млрд на инфраструктуру и системы безопасности, более 1 млрд на подвижной состав и другое оборудование и 1–3 млрд резерв на непредвиденные расходы.

Принципиальная схема транспортного перехода с учетом подводного тоннеля и подходов к нему приведена на рис. 7, где 1 – однопутный наземный участок; 2 – грузовой терминал и депо; 3 – двухпутный наземный участок; 4 – пассажирская станция для международных поездов; 5 – соединительный тоннель с шириной колеи 1435/1520 мм к аэропорту; 6 – подводный тоннель; 7 – искусственный остров; 8 – железнодорожный коридор Rail Baltica.

Предполагается, что рельсовый путь за пределами тоннельного перехода не будет продолжен до тех пор, пока не будет построена система Rail Baltica, если не организовать пропуск подвижного состава с автоматически изменяемой шириной колеи (1520 ↔ 1435 мм). Имеются предварительные планы по строительству специальных грузовых станций в Южной Финляндии (рассматриваются станции Риимяки и Тампере) для перевалки грузов в вагоны колеи 1435 мм и формирования поездов в направлении на Таллин и из Таллина.

Условием для строительства тоннеля является осуществление проекта Rail Baltica, соединяющего страны Балтии с Западной Европой.

По материалам «Sweco Projekt AS, Vealeidja OÜ, Finants akadeemia OÜ»

Для связи с автором

Космин Владимир Витальевич
vvcosmin@mail.ru



ХЕРРЕНКНЕХТ УСПЕШНО ПРОДОЛЖАЕТ ПРОКЛАДКУ ТОННЕЛЕЙ В ЛОС-АНДЖЕЛЕСЕ

ЛОС-АНДЖЕЛЕС, США / ШВАНАУ, ГЕРМАНИЯ

Лос-Анджелес считается международным центром кинематографии и инноваций, однако так кажется только на первый взгляд. Пространство под городом представляет собой площадку для демонстрации инновационных инженерно-технических решений. Немецкое высокотехнологичное оборудование компании «Херренкнехт» применяется для создания подземных артерий под американским мегаполисом. В апреле 2017 г. тоннелепроходческий механизированный комплекс «Гарриет» завершил работу по проекту строительства линии метро между районом Креншоу и Международным аэропортом Лос-Анджелеса. 18 июля ТПМК «Анджели» завершил прокладку первого из двух тоннелей Регионального транспортного коридора. Весной 2018 г. ТПМК приобретают все большую известность: еще два ТПМК «Херренкнехт» приступили к работе в подземном пространстве по проекту «Продление Фиолетовой линии метро, секция 1 + 2». Все три проекта осуществляются в рамках программы развития метро Лос-Анджелеса в целях разгрузки наземного транспортного потока.

В час-пик Лос-Анджелес или «Город ангелов» полностью замирает. В этой связи Центральное транспортное управление Лос-Анджелеса (метро) значительно ускоряет реорганизацию загруженных транспортных сетей. В ближайшие несколько лет ожидается развитие существующей сети метрополитена за счет строительства новых станций. В качестве примера можно привести текущий проект по строительству транспортного коридора между районом Креншоу и Международным аэропортом Лос-Анджелеса. Почти 14 км в длину, новая линия легкорельсового транспорта улучшит сообщение между городскими центрами Креншоу и Инглвуд, а также Международным аэропортом Лос-Анджелеса. Необходимость в увеличении пропускной способности городского

транспорта обусловлена количеством пассажиров в одном лишь Международном аэропорте Лос-Анджелеса: в 2016 г. аэропорт принял более 80 млн человек, и это число только растет.

В период с мая 2016 г. по апрель 2017 г. проходческий щит «Гарриет» завершил прокладку участка тоннеля транспортного коридора Креншоу – Международный аэропорт Лос-Анджелеса. Сначала ТПМК «Херренкнехт» диаметром 6,51 м проложил тоннель длиной 1,6 км между будущими станциями метро «Экспо/Креншоу» и «Леймерт-Парк». После этого был произведен демонтаж проходческого щита и его перемещение на изначальную позицию для проходки параллельного тоннеля. В апреле 2017 г. «Гарриет» завершил прокладку второго тоннеля до станции «Лей-

мерт-Парк» и, таким образом, свою работу в подземном пространстве Лос-Анджелеса. Скорость продвижения проходческого щита, а именно 43 м за 24 часа, стала новым рекордом для Лос-Анджелеса – на четырех прочих участках проходки скорость могла превышать 40 м в день. Ожидается, что благодаря рекордной скорости прокладки тоннеля (170 м в неделю) транспортный коридор Креншоу – Международный аэропорт Лос-Анджелеса будет введен в эксплуатацию в плановом порядке уже в 2019 г.

Между тем, в феврале 2017 г. проходческий щит «Анджели» начинает свою работу. На данный момент ТПМК прокладывает участок тоннеля Регионального транспортного коридора. Цель данного проекта заключается в обеспечении прямого соеди-

Рис. 1. В апреле 2017 г. проходческий щит «Гарриет» планомерно завершил проходку тоннеля длиной 3,2 км в Лос-Анджелесе. Новый транспортный коридор Креншоу – Международный аэропорт Лос-Анджелеса сократит время в пути в пределах города, а также улучшит транспортное сообщение с аэропортом Лос-Анджелеса



Рис. 2. После запуска в апреле 2016 г. по апрель 2017 г. высокотехнологичный ТПМК «Гарриет» завершил проходку двух тоннелей длиной 1600 м каждый. ТПМК «Херренкнехт» являются взрывобезопасными и имеют защиту от взрыва метано-воздушной смеси в газосодержащей почве под Лос-Анджелесом



ПРОЕКТНЫЕ ДАННЫЕ S-878. КОРИДОР КРЕНШОУ – АЭРОПОРТ ЛОС-АНДЖЕЛЕСА

Тип ТПМК: проходческий щит «Гарриет»

Диаметр щита: 6514 мм

Мощность: 1512 кВт

Длина тоннеля: 2×1600 м

Геологические данные: аллювиальные отложения, мелкозернистый и среднезернистый песок и гравий, камень и блоки, илистый и глинистый грунт

Клиент: «Уолш / Ши Корридор Констракторс» («Уолш Груп Лтд.» / «Джей.Эф. Ши Констракшн» / «Эйч-Эн-Ти-Би Корпорейшн»)

Заказчик: Центральное транспортное управление Лос-Анджелеса

ПРОЕКТНЫЕ ДАННЫЕ S-952. РЕГИОНАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОРИДОР

Тип ТПМК: проходческий щит «Анджели»

Диаметр щита: 6560 мм

Мощность: 945 кВт

Длина тоннеля: 2×1700 м

Геологические данные: выветрелый алевролит и плотная глина, песок с галькой, камнем и валуном

Клиент: «Ридженал Конектор Констракторс» («Сканска Ю-Эс-Эй Сивил Вест Калифорния Дистрикт Инк.» / «Трейлор Броз., Инк.»)

Заказчик: Центральное транспортное управление Лос-Анджелеса

ПРОЕКТНЫЕ ДАННЫЕ S-986, S-987. ПРОДЛЕНИЕ ФИОЛЕТОВОЙ ЛИНИИ МЕТРО, СЕКЦИЯ 1

Тип ТПМК: два проходческих щита

Диаметр щита: 6620 мм

Мощность: 945 кВт

Длина тоннеля: 2×5250 м

Геологические данные: песок, ил, камень и валун, слегка выветрелый алевролит и плотная глина

Клиент: «Сканска / Трейлор / Ши Джей-Ви» («Сканска Ю-Эс-Эй Сивил Вест Калифорния Дистрикт Инк.» / «Трейлор Броз., Инк.» / «Джей.Эф. Ши Констракшн»)

Заказчик: Центральное транспортное управление Лос-Анджелеса

ПРОЕКТНЫЕ ДАННЫЕ S-1110, S-1111. ПРОДЛЕНИЕ ФИОЛЕТОВОЙ ЛИНИИ МЕТРО, СЕКЦИЯ 2

Тип ТПМК: два проходческих щита

Диаметр щита: 6620 мм

Мощность: 945 кВт

Длина тоннеля: 2×3200 м

Геологические данные: песок, ил, камень и валун, слегка выветрелый алевролит и плотная глина

Клиент: «Тьютор Перини / О энд Жи Джей-Ви»

Заказчик: Центральное транспортное управление Лос-Анджелеса



Рис. 3. 18 июля 2017 г. ТПМК S-952 «Анджели» завершил проходку первого участка длиной 1,7 км для строительства Регионального транспортного коридора. Сборка проходческого щита осуществлялась дочерним предприятием «Херренкнехт» в США – «Таннелинг Сервисез Инк.», Сизлт

Рис. 4. В 2006 г. два ТПМК «Херренкнехт» S-297/298 успешно завершили проходческие работы для продления Золотой линии метро Лос-Анджелеса. Оба ТПМК являются взрывобезопасными по причине наличия газовых месторождений в почве



Рис. 5. Всего шесть инновационных тоннелепроходческих механизированных комплексов «Херренкнехт» используются для проходки тоннелей в целях расширения метрополитена Лос-Анджелеса в различных кварталах мегаполиса.

нения между существующими линиями метрополитена, а именно Золотой, Синей и Линии Экспо, с новыми станциями и быстрого перемещения между ними. Таким образом, с 2020 г. жители и гости города смогут добираться из Азусы в Лонг-Бич (направление Север-Юг) и из Восточного Лос-Анджелеса в Санта-Монику (направление Восток-Запад) без пересадок. «Анджели» уже завершил проходку первого из двух

участков длиной 1,7 км. 18 июля проходческий щит снова вышел на поверхность на 4-й Стрит. Далее будет осуществляться прокладка параллельного тоннеля, а завершение работ запланировано на конец года.

Одной из самых сложных задач во время прокладки тоннелей механизированными проходческими щитами под Лос-Анджелесом является наличие возможных месторождений природного газа. В целях безо-

пасной разработки данных месторождений совместные предприятия по строительству приняли решение использовать оборудование «Херренкнехт». Электрооборудование «Гарриет» и «Анджели» взрывобезопасно и гарантирует безопасное продвижение. Данное решение уже зарекомендовало себя в различных международных референтных проектах. Несмотря на сложные геологические условия и продвижение под густонаселенными городскими районами, благодаря постоянному и своевременному оповещению со стороны сотрудников метрополитена оба проходческих щита уже приобрели определенную известность среди жителей Лос-Анджелеса. Популярный аккаунт «Гарриет» в Twitter был удален после завершения работ, но аккаунт «Анджели» все еще открыт для подписки (Account: Angeli@regionaltbm).

Выбор названия для ТПМК осуществлялся метрополитеном в ходе студенческого конкурса. Среди множества вариантов более 50 тыс участников в ходе онлайн-голосования выбрали название «Гарриет» в честь активистки по борьбе с рабством Гарриет Табмен. Название «Анджели» придумал один из студентов: оно происходит из латинского языка и означает «ангел».

Тем временем инженеры-конструкторы головного офиса «Херренкнехт» в Швангау уже работают над следующим проектом для Лос-Анджелеса: необходимо расширить существующую Сиреневую линию метро примерно на 14,5 км и построить еще семь станций. В этой связи весной 2018 и 2019 г. еще два проходческих щита «Херренкнехт» будут запущены в США. Всего за несколько лет в ходе четырех проходок будет проложена высококачественная труба тоннеля длиной более 11 км. Уже прошло десять лет с тех пор как два проходческих щита «Херренкнехт» в аналогичных условиях завершили проходку тоннельного участка общей длиной 4 км для строительства Золотой линии метро Лос-Анджелеса.



ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА ПАВЛОВИЧА АБРАМЧУКА (22.01.1945 – 19.04.2019)



19 апреля 2019 г. на 75-м году жизни скончался заслуженный строитель Российской Федерации, почетный транспортный строитель, лауреат премии Совмина СССР Владимир Павлович Абрамчук.

Владимир Павлович прошел большой трудовой путь от мастера тоннельного участка до руководителя мощной тоннелестроительной организации, занимающей лидирующие позиции в области подземного строительства. Автодорожные тоннели Армении и Башкирии, тоннели Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, метрополитены Екатеринбурга, Казани, Челябинска и Уфы, гидротехнические сооружения в Башкирии и на Урале, объекты горнодобывающих предприятий на Урале и в Вологодской области – это далеко не полный перечень объектов, в строительстве которых принимал участие Владимир Павлович Абрамчук. О таком славном трудовом пути может мечтать любой инженер-строитель. Владимир Павлович, обладая огромными профессиональными знаниями и производственным опытом, будучи талантливым организатором строительного производства, был человеком неограниченной творческой энергии – с его участием разработана технология скоростного строительства подземных сооружений в скальных условиях, он является автором многих изобретений, связанных с подземным строительством, много времени уделял распространению передовых научно-технических знаний, как в среде умудренных опытом метро- и тоннелестроителей, так и среди студентов, только постигающих азы сложной и опасной профессии подземного строителя.

При всей своей производственной занятости, Владимир Павлович много времени уделял общественной деятельности, являясь депутатом Государственного Собрания Республики Башкортостан. Он активно занимался вопросами градостроительной деятельности на территории, которая была отведена под жилые застройки для размещения трудового коллектива руководимой им строительной организации. Комфортность жилых зданий и социально-культурное обеспечение этой территории на уровне современных требований были всегда в центре его внимания.

Владимир Павлович был одним из инициаторов создания Общероссийской общественной организации «Тоннельная ассоциация России» и вплоть до конца своей жизни являлся членом ее правления. Его энергия и энтузиазм помогли ассоциации найти действенные пути сплочения и выживания подземных строителей в тяжелые годы перестройки экономических отношений, а впоследствии осуществить полное техническое перевооружение метро- и тоннелестроительных организаций России.

Владимир Павлович Абрамчук был добрым и отзывчивым человеком, надежным товарищем, профессионалом подземного строительства и внимательным наставником.

Светлая память о Владимире Павловиче навсегда останется в наших сердцах!

Правление Тоннельной ассоциации России