

Журнал  
Тоннельной ассоциации России

## Председатель редакционной коллегии

С. Г. Елгаев, доктор техн. наук

## Зам. председателя редакционной коллегии

В. М. Абрамсон, канд. экон. наук  
И. Я. Дорман, доктор техн. наук

## Ответственный секретарь

Г. И. Будницкий

## Редакционная коллегия

В. П. Абрамчук  
В. В. Адушкин, академик РАН  
В. Н. Александров  
М. Ю. Беленький  
А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук  
Н. Н. Бычков, доктор техн. наук  
С. А. Жуков  
А. М. Земельман  
Б. А. Картозия, доктор техн. наук  
Е. Н. Курбацкий, доктор техн. наук  
С. В. Мазеин, доктор техн. наук  
И. В. Маковский, канд. техн. наук  
Ю. Н. Малышев, академик РАН  
Н. Н. Мельников, академик РАН  
В. Е. Меркин, доктор техн. наук  
М. А. Мутушев, доктор техн. наук  
А. А. Пискунов, доктор техн. наук  
М. М. Рахимов, канд. техн. наук  
М. Т. Укшебаев, доктор техн. наук  
Б. И. Федунец, доктор техн. наук  
Т. В. Шелпихо, доктор техн. наук  
Е. В. Щекудов, канд. техн. наук  
Ш. К. Эфендиев, председатель  
ТА Азербайджана

## Тоннельная ассоциация России

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

## Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71  
127521, Москва,  
ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,  
оф. 4206  
e-mail: metrotunnels@gmail.com

## Генеральный директор

О. С. Власов  
Журнал зарегистрирован  
Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов  
журнала только с письменного  
разрешения издательства  
© ООО «Метро и тоннели», 2015

## № 6 2015

### Юбиляры отрасли

Метрополитен Северной столицы –  
поездка длиной в 60 лет **2**

Д. Ю. Графов

Марат Рахимов – человек дела! **6**

В. Г. Терзиманов, О. В. Бондаревская

### Зарубежный опыт

Тоннелестроение в Швеции и Норвегии  
(по материалам деловой поездки) **10**

В. Е. Меркин

### Выставки и конференции

Международная научно-техническая конференция  
«Тенденции, проблемы и перспективы развития  
подземного строительства в России» **15**

### Обоснование строительства

Обоснование перспективности и анализ условий  
строительства заглубленных хранилищ сжиженного  
природного газа в условиях вечной мерзлоты **16**

А. Н. Лазарев, Н. Г. Кириллов, С. В. Ивановский

### Щитовая проходка

Анализ инженерно-геологических условий  
при выборе профиля перегонного тоннеля  
для повышения безопасности и технико-  
экономических характеристик строительства **22**

С. В. Мазеин, В. В. Лехт, А. Д. Прудников

### Новые материалы

Критерии выбора современных инъекционных  
материалов для выполнения работ в подземных  
транспортных объектах **27**

Е. Н. Захарьин

Применение специализированных гидроизоляционных  
мембран в подземном строительстве **31**

А. Т. Чубинишвили

### В трудовых коллективах

Ветераны и молодежь – связь поколений **34**

П. И. Грибов

### Из истории метростроения

Вениамин Львович Маковский  
(к 110-летию со дня рождения) **36**

### О тоннелях и тоннельщиках

В. З. Коган **38**

# СОДЕРЖАНИЕ



## ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Станция  
«Международная»  
Санкт-Петербургского  
метрополитена  
(с. 2)

фото Дмитрия Графова

# МЕТРОПОЛИТЕН СЕВЕРНОЙ СТОЛИЦЫ – ПОЕЗДКА ДЛИНОЙ В 60 ЛЕТ

**Д. Ю. Графов**, начальник сектора информации и имиджевых проектов ГУП «Петербургский метрополитен», аспирант кафедры тоннелей и метрополитенов ПГУПС Императора Александра I



«Кировский завод» – одна из восьми станций первой очереди Ленинградского метрополитена

фото Д. Графов

**15** ноября 2015 г. Петербургский метрополитен отпраздновал свой 60-летний юбилей. Открытая в непростые послевоенные годы, новая городская транспортная система с первых дней завоевала популярность среди горожан. Строительство первой очереди, состоящей первоначально из двенадцати станций, началось в январе 1941 г. Были заложены более трех десятков шахтных стволов по будущей трассе. Помимо сооружения станционных комплексов предполагалось выполнить соединение тоннелей метрополитена с железными дорогами Московского и Финляндского направлений – таким образом могло быть обеспечено надежное дублирование Финляндского железнодорожного моста через р. Неву, являющегося уязвимым звеном. Перегонные тоннели севернее станции с проектным названием «Московская» («Площадь Восстания»), а также участок от «Московской» в сторону Октябрьской железнодорожной магистрали в районе станции «Навалочная», предполагалось сооружать в железнодорожном габарите. На остальном участке, от «Автово» до «Московской», был принят габарит Московского метрополитена – наружный диаметр тоннеля 6000 мм [1].

Великая Отечественная война остановила все работы, все сооруженные на тот момент горные выработки были затоплены с целью консервации. Большинство специалистов Строительства № 5 НКПС (будущий Ленметрострой) было мобилизовано на выполнение военно-восстановительных работ [2]. Но уже в конце 1944 г. было принято постановление о возобновлении строительства метрополитена – согласно доку-

менту, с фронтов еще незаконченной войны в Ленинград необходимо было вернуть специалистов-метростроителей – сооружение подземной транспортной системы стало важной стратегической задачей в рамках общего восстановления городского хозяйства [3].

Широкое развертывание работ в Ленинграде началось в 1946 г. с пересмотром довоенного плана в пользу снижения затрат. В первую очередь была сокращена длина первого пускового участка с двенадцати до восьми станций, также

отказались от выполнения железнодорожного соединения. Были изменены габариты тоннелей – внедрены обделки с внутренним диаметром 5100 мм вместо прежних 5600 мм. В число первых восьми станций вошли: «Автово», «Кировский завод», «Нарвская», «Балтийская», «Технологический институт», «Пушкинская», «Владимирская» и «Площадь Восстания». Проектированием второй подземки в РСФСР занялся вновь созданный в Ленинграде филиал московского «Метропроекта» – «Ленметрострой» (в

Открытие движения первой очереди. Станция «Автово», 1955 г.





Мозаичное панно «Победа» работы художников В. А. Воронезского и А. К. Соколова в торце центрального зала станции «Автово»



Ретро-состав из вагонов типов «Е» и «Ем», отреставрированных к юбилею Петербургского метрополитена, 2015 г.

наст. время ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»), которым в дальнейшем были разработаны все станции метрополитена Северной столицы. Специалистами института к концу 1948 г. была завершена работа над проектом механизированного проходческого щита, применение которого позволило существенно ускорить проходческие работы [4]. Разработка архитектурных решений будущих станций осуществлялась по результатам трех конкурсных туров, проведенных в 1946, 1947–1948 и 1949–1950 гг. Ленинградское метро не должно было походить на столичное – эту непростую задачу архитекторы решали, в том числе, следуя принципам петербургского высокого классицизма, когда образы станций одного участка должны были образовывать ансамбль [5].

Благодаря рационализаторскому подходу при проектировании и сооружении первого участка удалось серьезно снизить трудозатраты и сократить сроки строительства. К примеру, на станции «Кировский завод» были впервые применены технические решения, позволившие отказаться от использования в конструкциях комплекса массивных стальных клепаных элементов в пользу чугуна [4].

Долгожданное открытие метрополитена для всех пассажиров состоялось 15 ноября 1955 г. В тот день распахнули двери семь из восьми станций – из-за прорыва грунтовых вод при сооружении наклонного хода пуск станции «Пушкинская» состоялся позднее, в апреле 1956 г.

Развитие скоростного подземного транспорта в Ленинграде шло бурными темпами, спустя три года после пуска были открыты еще две станции: «Чернышевская» и «Площадь Ленина». Таким образом, были реализованы идеи XIX века – связать воедино все городские вокзалы и создать надежную переправу под Невой.

На протяжении шести десятилетий Ленинградскому – Петербургскому метрополитену приходилось во многом становиться новатором. Впервые в стране ленинградцы опробовали новую схему организации пересадочных узлов – пересадка с одной линии на другую в пределах одной пассажирской платформы, так называемая кросс-платформенная пересадка. Еще при строительстве станции «Технологиче-

ский институт», открытой в 1955 г., были устроены заделы, которые позволили в 1961 г. при сооружении «Технологического института-2» организовать удобный переход пассажиров и реорганизовать движение поездов по разным линиям с минимальными затратами.

В это же время впервые была реализована идея строительства станционного комплекса без боковых пересадочных платформ, разработанная специалистами Ленметропроекта. «Парк Победы» стала первой станцией нового, закрытого типа, где станционные путевые тоннели отделялись от центрального зала несущими чугунными стенами, посадка и высадка пассажиров стала возможна только при одновременном открытии станционных и вагонных дверей. Внедрение нового конструктивного и объемно-планировочного решений позволило уменьшить объем разрабатываемой породы, ускорить темпы строительства и существенно снизить затраты на отделочные работы. Всего в Петербургском метрополитене построено десять станций закрытого типа, или, как их иначе называют, «горизонтальный лифт». Выявленные недостатки в ходе эксплуатации подобных станционных комплексов привели к отказу от их дальнейшего строительства. На берегах Невы впервые была опробована и внедрена система автоматического управления движением поездов, позже, система видеонаблюдения на транспорте. Благодаря старанию ленинградских проектировщиков и метростроителей подземка приобрела станции с уникальными конструктивными решениями, среди которых односводчатые из сборной железобетонной обделки с обжатием на породу.

Наряду с новыми внедрениями петербургским метрополитеновцам пришлось впервые в стране столкнуться с беспрецедентной аварией в зоне «Размыв» – из-за увеличивающихся деформаций перегонных тоннелей между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» было принято решение о затоплении участка во избежание разрушения и просадки дневной поверхности. В течение восьми лет северный участок Кировско-Выборгской линии из пяти станций оставался отрезанным от основной сети метрополите-

на. С применением передового мирового опыта с использованием тоннелепроходческого комплекса с активным гидропригрузом забоя проблемный участок был пройден заново. Летом 2004 г. поезда пошли вновь по воссоединенной Линии 1.

Начиная с 2005 г. в петербургской подземке практически каждый год стали открывать по одной новой станции. С 2012 г. была начата программа по обновлению парка подвижного состава – на Линию 3 вышли современные вагоны с асинхронным тяговым приводом.

К своему юбилею метрополитен подготовил несколько интересных проектов, среди которых стало открытие обновленного музея и запуск ретро-состава, состоящего из четырех отреставрированных вагонов 1960-х гг. выпуска.

Метрополитен сегодня:

- 67 станционных комплексов, среди которых 60 станций глубокого заложения, 3, построенных открытым способом на мелком заложении, и 4 – наземных;
- 15 тыс. сотрудников;
- 1668 вагонов;
- более 2,4 млн человек перевозимых в сутки;

В течение ближайших шести лет ожидается окончание строительства девяти новых станций, как на существующих линиях, так и на одной вновь введенной («Красносельско-Калининская», Линия 6).

Сохраняя свои традиции, метрополитен Петербурга бесперебойно и безопасно перевозит пассажиров, задает ритм великому городу.

#### Список литературы

1. Приказ НКПС № 27 от 21 января 1941 г.
2. Летопись метростроя. Л. Е. Иванкин. Ленинград, 1984 г.
3. Метро Петербурга. Ю. В. Шавель. 2015 г.
4. Они были первыми. Первое десятилетие «Ленметрогипротранса». Н. И. Кулагин, В. П. Тарасюгина. Издательство «Петербургский модный базар», 2009 г.
5. Петербургский метрополитен: из прошлого в будущее. Государственный музей истории Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, 2013 г.



# САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМУ МЕТРОПОЛИТЕНУ 60 ЛЕТ!



## Дорогие друзья, метрополитеновцы!

Примите от петербургских метростроителей поздравления со славной датой – 60-летием Санкт-Петербургского метрополитена!

В 1955 г. жители и гости нашего города, тогда еще Ленинграда, первый раз спустились по чудо-лестницам в невиданное доселе сооружение – метрополитен. Первые восемь красавиц станций: «Автово», «Кировский завод», «Нарвская», «Балтийская», «Технологический институт», «Пушкинская», «Владимирская» и «Площадь Восстания» распахнули свои двери для пассажиров. Долгие 14 лет шло строительство первой, Кировско-Выборгской линии Ленинградского метро. В 1941 г. образовалось Строительство № 5 НКПС, но его работу прервала Великая Отечественная война. В 1946-м строительство метро возобновилось, но было много трудностей, связанных с отсутствием рабочих рук, техники, стройматериалов, опыта. Но было главное – желание построить в Ленинграде подземную железную дорогу, не уступающую по своей красоте шедеврам мирового и советского зодчества, расположенным на поверхности.

С тех пор прошло уже 60 лет. За это время метрополитен вырос до большого городского предприятия. Многотысячный коллектив метрополитена обслуживает 67 станций, поезда курсируют по пяти веткам длиной более 110 км. Ежедневно метро пользуются миллионы наших граждан и гостей города, предпочитая его другим видам общественного транспорта. Специалисты многочисленных служб делают все для того, чтобы сложный и многогранный механизм работал без перебоев: закупаются новые составы, внедряются передовые технические решения и, конечно же, строятся новые станции.

От всей души поздравляю дружественный коллектив Санкт-Петербургского метрополитена со славной датой! На протяжении 60 лет коллективы метрополитена и метростроя работали рука об руку, и я убежден, что наша совместная работа будет и в дальнейшем основываться на взаимопонимании, тесном сотрудничестве и приносить пользу нашему городу и его жителям. Крепкого здоровья и благополучия на долгие-долгие годы!

С уважением,  
Генеральный директор ОАО «Метрострой»  
В. Н. Александров



## Дорогие работники метрополитена Санкт-Петербурга!

Тоннельная ассоциация России поздравляет всех вас со столь знаменательной датой – 60-летием со дня пуска в эксплуатацию Санкт-Петербургского метрополитена.

Метрополитен коренным образом изменил жизнь Санкт-Петербурга – обеспечил беспрепятственный, быстрый и безопасный доступ жителей и гостей города к самым отдаленным районам, принял на себя основной объем пассажирооборота в черте быстро развивающегося мегаполиса, по праву обладающего званием культурной столицы России.

Метрополитен Санкт-Петербурга, помимо своей транспортной значимости для жизни города, является и ярким представителем культурно-исторического наследия нашей страны – его наземные сооружения органично вписываются в архитектуру города, а подземные станции похожи на прекрасные дворцы, радующие пассажиров своим видом.

Наряду с этим, метрополитен является сложнейшим инженерным комплексом инфраструктуры города, управление которым доверено вам – рабочим и техникам, инженерам и руководителям Санкт-Петербургского метрополитена. От вашего труда и умения напрямую зависит жизнь города, настроение и благополучие всего его многомиллионного населения и гостей. И с этой задачей вы справляетесь успешно на протяжении всех этих 60-ти лет. Огромное спасибо всем вам за этот беззаветный и, зачастую, незаметный для большинства из нас труд.

Нам приятно отметить, что метрополитен Санкт-Петербурга практически с момента образования Тоннельной ассоциации России стал коллективным ее членом и его сотрудники активно участвуют в деятельности ассоциации и вносят достойный вклад в ее развитие. Надеемся на продление этого плодотворного сотрудничества и в дальнейшем.

В день 60-летия с момента пуска в эксплуатацию Санкт-Петербургского метрополитена примите от Тоннельной ассоциации России сердечные поздравления с этим значимым для всех нас праздником. Желаем всем работникам Санкт-Петербургского метрополитена здоровья и благополучия, успехов в очень важном для всех нас труде.

*Президиум правления  
Тоннельной ассоциации России*



## МАРАТ РАХИМОВ – ЧЕЛОВЕК ДЕЛА!



На фото (слева направо):  
генеральный директор ОАО «Казметрострой» Марат Рахимов,  
Президент Республики Татарстан Рустам Минниханов,  
мэр Казани Ильсур Метшин

Строительство Казанского метрополитена было и остается исключительно важным для Татарстана проектом. Его успешная реализация стала возможной во многом благодаря Марату Рахимову, возглавившему ОАО «Казметрострой» с первых же дней работы предприятия. 21 ноября 2015 г. Марат Мулахмедович отметил 60-летний юбилей. Замечательный руководитель, специалист, искренне и безраздельно преданный своему делу, активный общественный деятель, чуткий к судьбам людей, – так отзывается коллектив предприятия о своем лидере.

**В** 1996 г., когда Казань была включена в список городов, в которых запланировали строительство метрополитена, встал вопрос о кандидате на должность руководителя этого сложного и совершенно нового для города проекта. Руководство республики выбирало надежного и опытного человека. Зимой 1997 г. выбор был сделан – руководителем строительства Казанского метрополитена назначили Марата Рахимова. В должности его утвердили 17 марта 1997 г. – эта дата считается днем основания организации.

Лучшего специалиста было просто не найти: к моменту основания КУП «Казметрострой» Марат Рахимов имел уникальный опыт строительства объектов самого высокого уровня сложности.

Свой трудовой путь Марат Мулахмедович выбрал еще пятнадцатилетним подростком, начав в 1970 г. трудиться дорожным рабочим в родном селе Георгиевке Жарминского района Семипалатинской области Казахской ССР. Окончив в 1977 г. факультет «Мосты и тоннели» Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта, он прошел службу в железнодорожных войсках и отправился

### Казанский метрострой в цифрах

- 17 марта 1997 г. образовано муниципальное унитарное предприятие «Казметрострой» под руководством Марата Рахимова
- 1000 сотрудников
- 150 единиц спецтехники
- пройдено более 35 км тоннелей
- построено 10 станций в Казани и 2 станции в Москве
- полное время проезда по первой линии – 30 минут

на легендарную стройку СССР – Байкало-Амурскую магистраль. Затем участвовал в строительстве метрополитена в Ташкенте и в работах по проходке Меградзорского тоннеля в Армении. Вернувшись в 1986 г. на БАМ, Марат Рахимов возглавил тоннельный отряд № 21 на строительстве уникального Северомуйского железнодорожного тоннеля про-

тяженностью более 15 км. На строительстве БАМа он получил свой главный профессиональный и управленческий опыт.

Много, очень много километров дорог, тоннелей и железнодорожных линий было им проложено в те годы. Сочетание опыта работы в крайне суровых климатических условиях Севера, знаний сложностей инженерии городских сетей, профессионализма, огромной личной ответственности, выдающихся лидерских качеств сыграло решающую роль в том знаменитом назначении, которое Марат Рахимов получил в марте 1997 г. Одна из важнейших строек Татарстана – Казанский метрополитен – обрела руководителя и свою основную движущую силу. С тех пор строительство подземных магистралей Казани не останавливается ни на минуту.

27 августа 2005 г. в Казани открылось возведенное в рекордно короткие сроки современное метро, первое в стране с момента преобразования СССР. Огромный трудовой вклад внесли Марат Рахимов и его коллектив в строительство метрополитена, чтобы грандиозным подарком казанцам в год тысячелетия любимой столицы стали пять станций: «Кремлевская», «Площадь Тукая», «Суконная слобода», «Аметьево», «Горки». В последующие восемь лет открылись станции «Проспект Победы» (2009 г.), «Козья слобода» (2011 г.), «Яшьлек», «Северный вокзал», «Авиастроительная» (9 мая 2013 г.). С их появлением транспортная инфраструктура столицы Татарстана стала гораздо удобнее и комфортнее.

Совсем скоро будет сдана «Дубравная» – новая станция, которая свяжет с центром один из самых отдаленных районов города. В



**Торжественная церемония закладки капсулы строительства Казанского метрополитена, 1997 г.**

будущем она станет пересадочной станцией второй линии Казанского метрополитена. А значит, Марат Рахимов и его команда продолжают работать – строить для каждого из нас, на благо родного города!

Профессиональное мастерство, как в роли специалиста, так и в роли руководителя, всегда позволяло Марату Рахимову успешно решать самые сложные задачи, возникающие на разных этапах строительства. Так, одной из первых серьезных проблем стало отсутствие на российском рынке бетонных колец обделки тоннелей. Но решение было найдено: тогда МУП «Казметрострой» при поддержке АО «Ка-

занский Гипрониавиапром» восстановило и модернизировало под свои производственные потребности завод КДСК. Здесь была открыта собственная линия по производству уникальной для России высокоточной бетонной обделки. Сегодня в Казани по этой технологии при непосредственном участии ключевых специалистов команды Марата Рахимова выпускается ЖБ-продукция для Московского и Самарского метрополитенов.

Еще одной нестандартной задачей стало преодоление сложных гидрогеологических условий недр Казани. Для закрепления грунтов Казметрострой приобрел специальное инъекци-

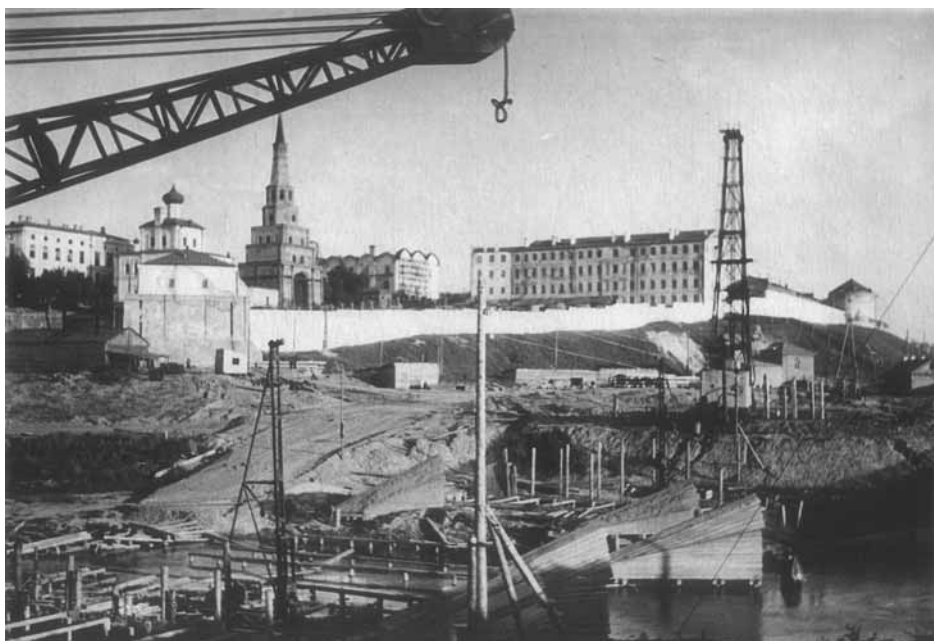




Обсуждение хода строительства станции метро «Северный вокзал»



Пуск тоннелепроходческого комплекса «Алтынчэч»



Начало строительства моста через р. Казанку, 1950-е годы

онное оборудование, станцию искусственного замораживания неустойчивых грунтов. Были заказаны горнопроходческие щиты последнего поколения изолированного типа с грунтопригрузом. Машины, ставшие легендарными, получили звучные татарские женские имена. Тоннелепроходческие комплексы «Сююмбике», «Алтынчэч», «Айсылу» и «Ляйсан» хорошо зарекомендовали себя в Казани, Самаре и Москве.

Строительство метрополитена требует правильного, выверенного решения стратегических задач, а также оперативных тактических решений, высочайшего уровня социальной и личной ответственности. В этом отношении Марату Рахимову есть чем гордиться. Он не только достойно и успешно возглавляет свое предприятие, но и активно участвует в жизни города.

Прошлой осенью Марат Мулахмедович был избран депутатом Госсовета Республики Татарстан пятого созыва. Он является членом комитета Государственного Совета РТ по государственному строительству и местному самоуправлению, членом постоянной комиссии по образованию, культуре и национальным вопросам. За предыдущие годы работы в Казан-

ской городской Думе при его непосредственном участии разработаны и приняты важнейшие документы, среди которых – генплан Казани, программы по развитию образования, здравоохранения, транспорта, туризма.

С особым вниманием Марат Рахимов относится к инициативам по поддержке ветеранов ВОВ, а также к развитию системы образования и детского спорта. Ответственная гражданская позиция и добрые дела руководителей всегда на виду у целого города, и его жители признательны за труд и человечность таким выдающимся людям-созидателям, как Марат Рахимов.

*Уважаемый Марат Мулахмедович! От всей души поздравляем Вас с юбилеем! Мы знаем Вас давно, и только с лучшей стороны. Желаем Вам крепкого здоровья, семейного благополучия и, конечно, новых амбициозных проектов и энергии для их реализации. Под Вашим началом коллектив Казметростроя готов решать любые задачи на благо города и республики!*

Подготовили В. Г. Терзيمانов  
О. В. Бондаревская



### Вехи истории Казанского метростроя

- 27 августа 1997 г. – на площади им. Г. Тукая состоялась торжественная церемония закладки капсулы строительства метрополитена
- 1998 г. – развернуты полномасштабные работы на двух из пяти утвержденных станциях
- 1999 г. – в Канаде заказан механизированный ТПК «Lovat» для проходки тоннелей в Казани
- 2000 г. – Владимир Путин в ходе визита в Казань посетил строительство станции «Суконная слобода»
- 2001 г. – ТПК «Сююмбике» завершил проходку двух тоннелей от станции «Суконная слобода» до станции «Площадь Тукая»
- 27 августа 2005 г. – первая ветка метрополитена протяженностью 8,7 км, состоящая из пяти станций, сдана в эксплуатацию
- 2007 г. – ОАО «Казметрострой» отмечает 10-летний юбилей завершением строительства перегонного тоннеля «Горки» – «Проспект Победы»
- 2011 г. – пройдены уникальные тоннели под руслом Казанки. Протяженность участка – 2252 м
- 2013 г. – введены в эксплуатацию станции «Яшьлек», «Северный вокзал», «Авиастроительная»
- 2013 г. – введена в эксплуатацию Бутовская линия Московского метрополитена
- 2014 г. – начато строительство станции «Дубравная» и пересадочного узла на вторую линию Казанского метрополитена





**21 ноября 2015 г. генеральному директору ОАО «Казметрострой» Марату Мулахмедовичу Рахимову исполнилось 60 лет.**

Марат Рахимов – известная, авторитетная и весьма уважаемая личность в профессиональном сообществе тоннельщиков и метростроителей. После окончания в 1977 г. Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта и прохождения службы в Вооруженных силах СССР М. Рахимов выбрал сложный и достойный трудовой путь, работая на строительстве Ташкентского метрополитена, а затем Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, где соорудил Северомуйский тоннель – самый протяженный и самый сложный по инженерно-геологическим условиям в нашей стране.

С честью преодолев все трудности и опасности этих легендарных строек и проявив себя с лучшей стороны, Марат Рахимов в 1997 г. был назначен руководителем Казанского метростроя, где продолжает работать и по сей день.

В 2005 г. под руководством М. Рахимова был осуществлен ввод в эксплуатацию первой очере-

ди Казанского метрополитена, приуроченный к празднованию 1000-летия Казани. Прогрессивные инженерно-технические решения, реализованные на первом этапе, в настоящее время совершенствуются и внедряются в строительство последующих участков.

Марат Рахимов – не только крупный специалист-строитель, но и известный общественный деятель. Он является депутатом Государственного Совета Республики Татарстан, членом комитета Госсовета РТ по государственному строительству и местному самоуправлению, членом правления Тоннельной ассоциации России.

За многолетний добросовестный труд М. Рахимов отмечен многими государственными наградами, имеет звание «Заслуженный строитель Российской Федерации».

Дорогой Марат Мулахмедович! От имени всех тоннельщиков России поздравляем Вас со славным юбилеем! Желаем крепкого здоровья, большого счастья в жизни, дальнейших успехов в труде.

*Президиум правления  
Тоннельной ассоциации России*



**23 ноября 2015 г. доктору технических наук, профессору, академику Российской академии естественных наук Борису Арнольдovichу Картозия исполнилось 75 лет.**

Б. А. Картозия – крупный специалист, ученый в области подземного строительства, видный деятель отечественной отрасли метро-тоннелестроения, хорошо известный в профессиональном сообществе как в нашей стране, так и за рубежом.

Окончив в 1963 г. с отличием Московский горный институт, Б. А. Картозия в течение нескольких лет работал на строительстве объектов Московского метрополитена, и полученный там хороший практический опыт способствовал достижению высоких научных результатов по возвращении на родную кафедру строительства подземных сооружений и шахт.

Работая с 1972 г. по настоящее время на этой кафедре, Б. А. Картозия создал более 200 научных и методических работ, и все они, будучи насыщенными высоким научным потенциалом, в то же время составляют большую практическую ценность, остро востребованы на производстве.

Незурядные качества Бориса Арнольдovichа как ученого, практика, руководителя, обусловили

занятие им крупных руководящих постов в Московском государственном горном университете, где он в течение многих лет совмещал функции профессора с должностями заведующего кафедрой и первого проректора университета. Б. А. Картозия – член правления Тоннельной ассоциации России.

По результатам научной и педагогической деятельности Б. А. Картозия удостоен Государственной премии СССР, премии Международной академии наук о природе и обществе, премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники и в области образования, награжден многими орденами и медалями, удостоен почетных званий.

Дорогой Борис Арнольдovich! Сегодня труженики подземного строительства России и Украины, Ваши ученики, воспитанники, почитатели Ваших научных идей и разработок в Австрии, Бразилии, Венгрии, Германии, Китае, Вьетнаме, Норвегии, США, Болгарии, Словакии поздравляют Вас с этой славной юбилейной датой и желают доброго здоровья, большого счастья в жизни, творческого долголетия и дальнейших высоких достижений на благо Отечества и Науки!

*Президиум правления  
Тоннельной ассоциации России*

# ТОННЕЛЕСТРОЕНИЕ В ШВЕЦИИ И НОРВЕГИИ (ПО МАТЕРИАЛАМ ДЕЛОВОЙ ПОЕЗДКИ)

С 20 по 25 сентября 2015 г. делегации специалистов из России (Тоннельная ассоциация России, АО «Мосинжпроект» и ОАО «Мосметрострой») и Белоруссии (АО «Минскметропроект») была предоставлена возможность ознакомиться с современным состоянием тоннелестроения в Швеции и Норвегии.

В г. Стокгольме (Швеция) делегация была принята в головном офисе государственной компании MTR (Mass Transit Railway Corp), являющейся соучредителем шведско-норвежского альянса (со стороны Норвегии это компания MAINTENA AS) по управлению планированием, строительством и эксплуатацией метрополитена и городской железной дороги, а также посетила наиболее значимые объекты подземного строительства в городе. Общая численность компании MTR составляет 90 человек. Ее ведущие специалисты, включая руководителя г-на Р. Андерсона (R. Anderson) и начальников департаментов, сделали достаточно полные сообщения на тему: «Особенности строительства и эксплуатации метрополитена в Швеции. Презентация текущих проектов и новейших технологий» (рис. 1).

Было интересно узнать, что в настоящее время Стокгольм – один из самых быстро

растущих городов Европы. Сейчас в нем проживает около 1 млн человек, а к 2025 г. ожидается 2,5 млн, при том, что в день численность увеличивается примерно на 100 человек, из которых не менее половины – новорожденные. Метрополитен Стокгольма, который строится одновременно с расширением границ города и увеличением его численности, имеет три линии со 100 станциями и 105 км перегонных тоннелей, а к 2025 г. к ним прибавятся еще четыре участка линий с 10-ю новыми станциями и 19 км тоннелей (рис. 2). Проектирование каждого из четырех вновь



Рис. 1. В офисе компании MTR в г. Стокгольме (Швеция)

строющихся участков линий осуществлялось отдельной проектной организацией в течение двух лет. Всего на проектировании было занято около 1000 человек.

Рис. 2. Схема метрополитена г. Стокгольма



К 2030 г. на развитие метро предполагается истратить 25,7 млрд шведских крон (2,8 млрд евро), из которых немногим более половины выделяет правительство страны, 11,5 % – город, остальное – муниципалитеты районов, в которые придет метро.

Контракты с потенциальными подрядчиками на работы, заключаемые по стандартам Евросоюза, предполагают квалификационный отбор с учетом наличия всех необходимых разрешений, в том числе экологических.

Особое внимание при принятии технических решений уделяется экологическим требованиям и работе с жителями, которым может причинить временное неудобство ведущееся рядом строительство. С этой целью обеспечивается необходимая шумо- и виброзащита, применение экологически чистого синтетического дизельного топлива в механизмах, гарантируется вторичное использование материалов в максимальной степени. На новых станциях метро и на строительных площадках нормы требуют наличия чистого воздуха, приглушенного звука и очищенной технической воды. При разработке дизайна станций, при их конструктивном сходстве, стремятся к уникальности за счет художественного оформления; безопасность и комфорт обеспечиваются за счет продуманной архитектуры, хорошей вентиляции и звукоизоляции, стеклянных изолирующих стен с раздвижными дверями, отделяющих платформы от путей (рис. 3).

В связи с тем, что MTR – государственная компания и строительство таких инфраструктурных объектов как метро и железная дорога ведется на средства налогоплательщиков, компания тесно сотрудничает с общественностью. В ее структуре имеется специальный департамент со своим информационным центром и агитационным транспортом, сотрудники которого призваны давать четкую и ясную информацию обществу о проекте и его реализации, учитывать настроения и отношение к проекту жителей. Сотрудники этого департамента обеспечивают контакты с медиа, предоставляя информацию в печать, в том числе в виде брошюр, постоянно дежурят в информационном центре, на стройке, в информационных автобусах, организывают для желающих концерты в дневное время.

Так, например, до начала и в процессе строительства основного в настоящее время городского транспортного объекта Ситибан (Citybanan), объединяющего метро и железную дорогу, жителей информируют о том, что зона влияния строительства составляет 150 м, стройка потревожит около 100 тыс. жителей, шумные работы будут выполняться только с 7:00 до 19:00 на земле и с 7:00 до 22:00 под землей, что в доступных для любого интересующегося местах на зданиях и памятниках установлены датчики вибра-



**Рис. 3. Раздвижные двери, отделяющие платформу от путей на станции Стокгольмского метро**

ции, в том числе и для оценки влияния взрывных работ.

Кроме того, организована специальная линия мобильной связи, которая за 30 мин информирует о начале взрывных работ. При этом учитываются рекомендации психологов, которые, в частности, установили, что получив ответы на все интересующие его вопросы, человек способен без дискомфорта воспринимать шум на 5 дБ выше.

Все участники строительства, включая рабочих, также должны уметь отвечать на вопросы граждан (что, зачем, когда и др.).

Посещение наиболее значимых из строящихся городских подземных объектов транспортного назначения подтвердило высокий организационно-технический

уровень тоннелестроения в Швеции и соответствие применяемого буровзрывного способа проходки характерным инженерно-геологическим условиям заложения тоннелей в высокопрочных слабообводненных гранитах.

Проект Ситибан (Citybanan), который Транспортное агентство Швеции реализует в тесном сотрудничестве с муниципалитетом города Стокгольма, Советом графства Стокгольм и SL (государственная эксплуатирующая компания) – это 6-километровый тоннель для пригородных поездов между районом Tomtebodavägen и югом Стокгольма, включающий две новые станции на Odenplan и T-Centralen. Строительство ведет консорциум с участием нескольких компаний, в том числе австрий-

**Рис. 4. Проект станции «Citybanan»**

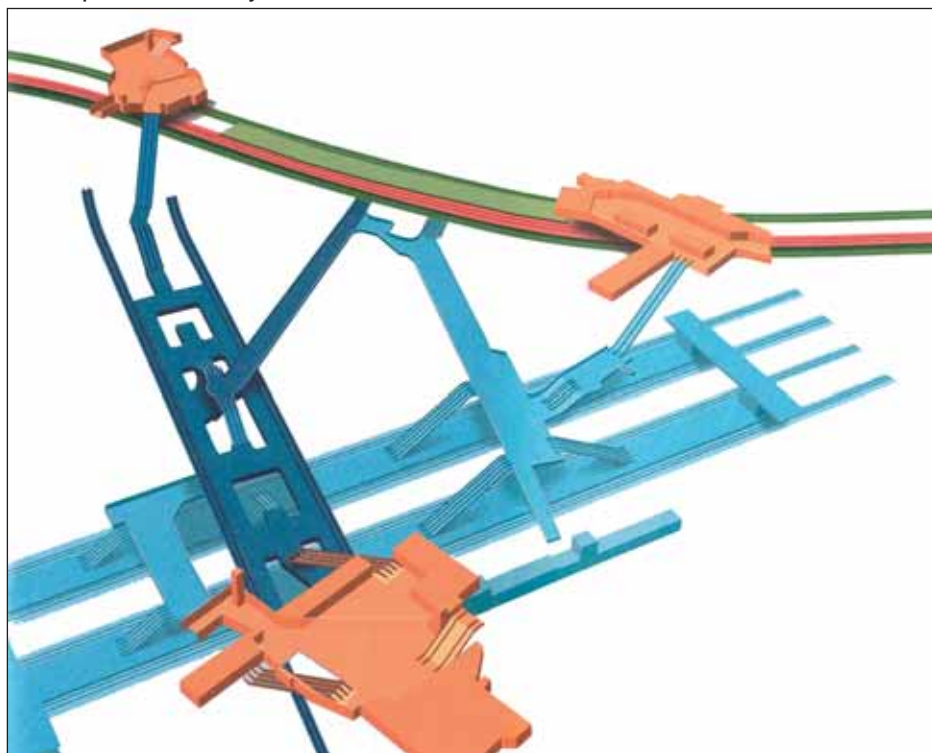




Рис. 5. Механизация БВР при проходке



Рис. 6. Шпунтовое ограждение котлована

ской Штрабаг (Strabag), немецкой Цублин (Zublin) и двух шведских. Общая численность занятого на стройке персонала составляет 2500 человек из 40 стран. Учитывая 90-% готовность объекта, ожидается, что срок строительства, определенный в интервале 2007–2017 гг., будет сокращен на один год.

Развитие метрополитена предусматривает строительство двух новых станций на юге, в том числе станцию «София» на глубине 90 м под дном канала, пяти – на вос-

токе и трех – в северном направлении. Южный участок линии представлен двухпутным и сервисным тоннелями (максимальный уклон 5 %), а также оборудованными пассажирскими лифтами станциями с островными платформами длиной 145 м и раздвижными дверями для посадки и высадки пассажиров из поезда.

Новые станции находятся в непосредственной близости к остановкам общественного транспорта, что облегчает пересадки.

Рис. 7. Путепровод в г. Арста



Станция «Citybanan» в центре города, которая заменит существующую для пригородных поездов станцию Центрального вокзала, строится непосредственно под T-Centralen. Станция будет иметь четыре пути и два подземных зала с эскалаторами, которые обеспечивают прямую пересадку пассажиров на метро (рис. 4).

Станция «Odenplan» является общей для пригородных поездов и метро. Эскалаторы соединят две станции метро. Новый вход в метро появится у церкви св. Матфея.

Метрополитен Стокгольма использует составы из двух-трех вагонов канадской фирмы «Бомбардье» (Bombardier) длиной по 70 м каждый, курсирующих с интервалом от 5 мин до 90 с (в час пик). Вагоны оснащены системами видеонаблюдения внутри и снаружи. Депо – открытые, есть с подземной частью.

Проходка ведется буровзрывным способом, с применением жидких ВВ и неэлектрической системы короткозамедленного взрывания, на полный профиль заходками по 5 м (забуривается 250–300 шпуров) со скоростью до 10 м в сутки. Крепление тоннелей и станций – в основном из набрызг-бетона, с усилением в отдельных местах сильнотрещиноватых пород анкерами и/или железобетоном. Имеются участки сравнительно большой протяженности, остающиеся без крепления (рис. 5). Разработанную породу подрядчики используют по своему усмотрению (для собственных нужд или на продажу).

При работах открытым способом вблизи водоемов (заливы, каналы) используется металлический шпунт с анкерным креплением (рис. 6).

После завершения в 2017 г. строительства Ситибан (Citybanan) пропускная способность железных дорог в Стокгольме удвоится, отправления учащаются, а поезда станут более пунктуально прибывать по расписанию.

Путепровод длиной 1,4 км в г. Арста (Årsta) – через участки железнодорожных путей в связи с предстоящей организацией движения пригородных поездов после строительства тоннеля Citybanan (рис. 7). Путепровод необходим, чтобы в зоне между мостами Årsta и пригородом Älvsjö ответи остальное движение в северном направлении к старому району Årstabron через залив Årstaviken. Путепровод начинается к северу от станции Årstabergs и заканчивается к югу от депо Älvsjö.

**В г. Осло (Норвегия)** делегацию приняли в Торговом представительстве РФ, где был заслушан специально подготовленный для нас доклад эксперта А. А. Смирнова на тему: «Транспортные, гидротехнические и тоннели специального назначения в Норвегии. Используемые технологии при строительстве тоннеля Вйоервика» (рис. 8).

В вводной части своего сообщения А. А. Смирнов привел некоторые сведения

о стране, характеризующие уровень развития ее экономики: население (по переписи 2014 г.) – 5 млн чел.; средняя продолжительность жизни – 73 года; средняя зарплата – 25–35 тыс. норвежских крон (2,5–3,5 тыс. евро) в месяц; место в мире по экономике – 25, по доле ВВП на человека (100 тыс. \$) – 1, по уровню жизни – 1, по условиям для ведения бизнеса – 6. В структуре экономики Норвегии сейчас продуктом № 1 является газ, № 2 – нефть, затем следуют гидроэнергетика, рыболовство, туризм и другие отрасли.

Норвегия – горная страна с высокоразвитой техникой тоннелестроения, ориентированной на буровзрывной способ проходки полным профилем без обделки, с обделкой из набрызг-бетона и из набрызг-бетона в комбинации с анкерами. В сметах тоннельных проектов учитывается продажа выработанной скальной породы.

В Норвегии ежегодно проходится более 80 км тоннелей, 1208 тоннелей – транспортные, в том числе самый протяженный в мире (~24,5 км) автодорожный Лердальский (Lærdalstunnelen) и самый глубокий Эйксундский (Eiksundtunnelen) подводный на глубине ~270 м.

В строительстве ежегодно находится 30–40 км тоннелей, в том числе такие, как планируемые к сдаче в 2019 г. подводный тоннель в Хельгеланне (Helgeland) длиной почти 13 км и автодорожный тоннель 9,4 км между городами Гваммен (Gvammen) и Архус (Aarhus). В районе полуострова Стадландет (Stadlandet) с 2005 г. ведется строительство уникального судходного тоннеля длиной 1,7 км, высотой 37 м и шириной 27 м для прохода крупных паромов и морских судов. В г. Берген к 2017 г. будет сдано самое большое в мире подземное спортивно-зрелищное сооружение.

К 2020 г. запланирована модернизация около 200 км тоннелей.

Выработке современной технической политики, лоббированию интересов и нормотворчеству в области тоннелестроения способствует Норвежская тоннельная ассоциация, в которую входит примерно 30 фирм.

Торгпредство готово содействовать интересам российских компаний в Норвегии. Для этого необходимо пройти предварительную квалификацию по системе Ахиллес (Achilles), направить письмо с паспортом проекта для возможности организации стенда на выставке и размещения рекламы.

Осмотр автодорожного тоннеля Лердал (Lærdalstunnelen) длиной 24510 м показал следующее. Тоннель проходит в крепких скальных грунтах (граниты, гнейсы и т. п.) сквозь горы, достигающие высот от 1400 до 1600 м. Сооружение тоннеля, как и большинства подземных сооружений в Скандинавии, осуществлялось наиболее рациональным для этих условий буровзрывным способом на полный профиль, в



**Рис. 8. Встреча в Торговом представительстве РФ в г. Осло (Норвегия)**

основном с обделкой из набрызг-бетона с анкерами, а на отдельных участках – без крепления или с обделкой из монолитного железобетона (на участках раздробленных и сильнотрещиноватых пород с водопритоком, где предварительно проводили укрепительную цементацию). Всего было использовано для этих целей 200 тыс. анкеров длиной 2,55 м и инъецировано 45 тыс. м<sup>3</sup> цемента.

Для облегчения ведения машин в столь длинном тоннеле разработчики и проектировщики предусмотрели большие холлы через каждые 6 км, освещенные синим цветом под потолком и желтым у основания (рис. 9). Это создает эффект утренней дымки и восхода солнца на горизонте. Иллюминация призвана уменьшить риск засыпания за рулем во время длительных рейсов.

Переместившись на пароме в район Хардангер фьорда (Hardangerfjorden) делегация посетила тоннель Хардангер (Hardanger Bro Tunnelen) длиной 2400 м, являющегося частью проекта Хардангерского моста, введенного в эксплуатацию в конце 2013 г. (рис. 10).

Мост подвесной длиной около 1380 м, с главным пролетом 1310 м (№ 10 в мире и № 1 – в Норвегии). Высота моста над уровнем моря составляет 55 м; высота башни – 186 м. В тоннеле организовано круговое движение.

По дороге в г. Осло наше внимание привлек построенный по чертежам гениального

**Рис. 9. В тоннеле Лердал, Норвегия**





Рис. 10. Подвесной Хардангерский мост перед тоннелем

итальянца и открытый в 2001 г. мост Леонардо да Винчи (рис. 11). Это 10-метровый пешеходный мост с аркой, поднимающейся на 40 м в городе Осс. Новый мост уступает своему средневековому прототипу в длине (100 м вместо 346 м), однако он в точности повторяет все конструкторские и эстетические достоинства моста Леонарда. Конструкция моста уникальна – ни креплений, ни подпорок. Принцип корзины. Каменная версия моста, реализация которой обошлась бы слишком дорого, была заменена деревянной, из сосны и тикового дерева. В результате строительство моста обошлось всего в 1,36 млн крон.

Рис. 12. Живописный норвежский ландшафт



Рис. 11. Пешеходный мост по проекту Леонардо да Винчи

В г. Осло была проведена панельная дискуссия о формах инвестирования дорогостоящих инфраструктурных проектов и доли частного финансирования в освоении подземного строительства и эксплуатации тоннелей.

В Скандинавии государственно-частное партнерство (ГЧП) используется достаточно широко не только для вовлечения строительных компаний к финансированию проектов взамен на доходы, полученные от эксплуатации, но и с целью привлечения знаний и опыта управления. При этом государственный сектор способен взять на себя ри-

ски, связанные с корректировкой валютных курсов, инфляционных колебаний.

Компании, ведущие подземное строительство в Швеции и Норвегии, как правило, используют следующие модели ГЧП:

- ROT (Rehabilitation-Operate-Transfer/«восстанови-управляй-передай»);
- BOT (Build-Operate-Transfer/«построй-управляй-передай»);
- BOOT (Build-Own-Operate-Transfer/«построй-владей-управляй-передай»);
- DBOO (Design-Build-Own-Operate/«спроектируй-построй-владей-управляй»);
- BLO (Build-Lease-Own/«построй-арендуй-владей»).

Виды ГЧП в транспортной инфраструктуре Швеции и Норвегии:

- концессионное соглашение с платой концедента (концедент – государство), концессионер (частная компания (toll systems in Norway));
- долгосрочное инвестиционное соглашение;
- концессионное соглашение с прямым сбором платы;
- концессионное соглашение.

В частности в норвежской практике экономический эффект от применения концессии – до 15 % от объема затрат. Платеж частному партнеру осуществляется только с момента эксплуатации, что стимулирует снижение сроков.

В заключение необходимо отметить прекрасную организацию деловой поездки со стороны Тоннельной ассоциации России, которая обеспечила четкое выполнение намеченной программы, перевод, транспорт и необходимую дополнительную информацию. Участникам поездки была предоставлена возможность в достаточно полном объеме не только ознакомиться с практикой планирования и реализации крупных, даже по мировым меркам, проектов развития транспортной инфраструктуры мегаполисов и периферии за счет интенсивного освоения подземного пространства, но и увидеть города и природу Швеции и Норвегии (рис. 12).

*В. Е. Меркин, член делегации*



# МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ»

13 октября 2015 г. в Москве состоялась Международная научно-техническая конференция «Тенденции, проблемы и перспективы развития подземного строительства в России».

Организаторами конференции выступили Тоннельная ассоциация России и Международная ассоциация фундаментостроителей.

В конференции приняли участие ведущие специалисты научно-исследовательских, учебных, проектных, строительных и научно-общественных организаций транспортного строительства и смежных отраслей, работающих в области подземного строительства.

В числе участников: Мосгорэкспертиза, ОАО «Мосметрострой», АО «ТрансИнжстрой», АО «Объединение «Ингеоком», ЗАО «ЮГСУ», НИИОСП им. Н. М. Герсеванова, ОАО «Метрострой» Санкт-Петербурга, ООО «Эм-Си Баухеми», ООО «Зика», ООО «Херренкнехт Тоннельсервис», ГК «Пенетрон Россия», МГУПС, НИЦ ОПП «Мосинжпроект», НПКЦ «Интерсигнал».

В ходе проведенной конференции специалисты получили не только современную информацию о передовых методах проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей и других подземных сооружений, но имели возможность наладить деловые контакты с российскими и зарубежными специалистами.

Было заслушано 20 докладов, включающих в себя широкий спектр проблем метро- и тоннелестроения, начиная от актуальных задач развития городского подземного пространства до частных вопросов технологии стыковки арматуры при изготовлении стальных каркасов для железобетонных конструкций.

Рассматривалась технологическая типизация инженерно-геологических условий строительства метрополитена в Москве, которая позволяет повысить эффективность проектирования и строительства тоннелей, а также информацию в виде обобщенных параметров инженерно-геологических условий.

Специальный доклад был посвящен уникальному опыту строительства второго выхода станции «Спортивная» Санкт-Петербургского метрополитена, где впервые петербургские метростроители выполнили работы по сооружению эскалаторного тоннеля в монолите без применения замораживания и щитовой проходки.

Предложены критерии выбора современных инъекционных материалов для выполнения работ в подземных транспортных объектах, позволившие выполнить ряд практических работ с использованием высокотехнологических инъекционных материалов при строительстве метрополитенов и горных тоннелей.

Один из докладов был посвящен геотехническому обеспечению при строительстве двухпутного перегонного тоннеля с помощью ТПМК. Данная технология, впервые



В президиуме конференции

примененная в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга, и конструкция отделки обеспечили безопасную и безаварийную проходку при геотехническом сопровождении проводимого мониторинга.

Большой интерес у слушателей вызвал доклад об аспектах проектирования тоннелей на высокоскоростных магистралях. На данный момент в мире накоплен большой опыт строительства тоннелей на высокоскоростных магистралях. Практика показала, что существуют проблемы, связанные с аэродинамическими особенностями прохождения поездов через тоннели на высокой скорости. В соответствии с программой «Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года» в России планируется построить около 3 тыс. км высокоскоростных магистралей со скоростью движения по ним до 400 км/ч. При проектировании тоннелей на ВСМ в России необходимо опираться на опыт, накопленный зарубежными исследованиями с учетом адаптации к российским условиям.

Внимание участников конференции было привлечено к теме противопожарной безопасности. Рассматривались вопросы актуальности обеспечения интегрированной противопожарной защиты городских автотранспортных тоннелей и притоннельных сооружений.

Разработана интегрированная система противопожарных технических решений по архитектурно-строительной части, которая позволяет:

- оптимизировать состав и содержание проекта по защите тоннеля;
- в достаточно сжатые сроки выполнить проектно-сметную документацию;
- исключить многократную переработку проектно-сметной документации.

Также рассматривались вопросы обеспечения комплексной безопасности, противопожарной защиты городских автотранспортных тоннелей. Разработана интегрированная система активной противопожарной защиты для автотранспортных тоннелей.

На основании интегрированной системы определены:

- состав и содержание проектно-сметной документации по активной противопожарной защите тоннеля;
- противопожарные технические решения по активной противопожарной защите объекта.

По результатам Международной научно-технической конференции изданы печатные труды. Конференция вызвала большой интерес у специалистов, которые выразили благодарность организаторам за хорошо проведенное мероприятие. По окончании конференции прошло награждение победителей конкурса «На лучшее применение передовых технологий при строительстве тоннелей и подземных сооружений».

Победителями признаны:

*в номинации «Технологии при проходке тоннелей и строительство подземных сооружений закрытым способом»*

- ФГУП «Управление строительства № 30» за разработку прогрессивной технологии проходки Скипового ствола № 2 Гремячинского месторождения калийных солей;

- ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург за внедрение прогрессивной технологии при строительстве второго выхода станции Петербургского метрополитена «Спортивная»;

*в номинации «Работы по стабилизации неустойчивых грунтов, устройству оснований и укреплению фундаментов»*

- НИЦ ОПП АО «Мосинжпроект» за разработку технологии защиты объектов городской инфраструктуры от сверхнормативных деформаций при освоении подземного пространства;

*в номинации «Безопасность при строительстве и эксплуатации подземных сооружений»*

- ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» за обеспечение сохранности наземных зданий и сооружений при проходке двухпутного перегонного тоннеля с помощью ТПМК.

# ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ И АНАЛИЗ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗАГЛУБЛЕННЫХ ХРАНИЛИЩ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

## PROSPECTIVITY RATIONALE AND FACTORS OF LIQUEFIED NATURAL GAS EMBEDDED RESERVOIRS CONSTRUCTION ANALYSIS IN THE CONDITIONS OF PERMAFROST

**А. Н. Лазарев**, д. т. н., зам. начальника по учебной и научной работе, Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва (ВА МТО)

**Н. Г. Кириллов**, д. т. н., старший научный сотрудник, Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва (ВА МТО)

**С. В. Ивановский**, Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва

**A. N. Lazarev**, Doctor of Technical Science, Vice Rector for Academic Affairs and Research, Military Academy of Logistics named after Army general A. V. Khrulyov

**N. G. Kirillov**, Doctor of Technical Science, senior research assistant, Military Academy of Logistics named after Army general A. V. Khrulyov

**S. V. Ivanovskiy**, external doctoral candidate, Military Academy of Logistics named after Army general A. V. Khrulyov

Статья посвящена оценке перспектив использования сжиженного природного газа (СПГ) в России и развития его инновационных технологий производства и хранения. Представлено экономическое обоснование использования сжиженного газа на территории Крайнего Севера. Отмечается усиление активности зарубежных компаний и конкурентной борьбы на российском рынке за интеллектуальную собственность в области технологий производства и хранения СПГ. Приводится обоснование строительства стационарных хранилищ СПГ, где главными аргументами применения заглубленных резервуаров являются резкое снижение теплопритоков от окружающей среды и значительное уменьшение испарения криогенного энергоносителя. Приведены новые методики расчета и конструктивные решения стационарных хранилищ СПГ на основе безвакуумной технологии, которые могут быть использованы при проектировании хранилищ в условиях Арктики.

*The article is dedicated to the perspectives of the liquefied natural gas (LNG) use in Russia and to the development of its production and storage innovation technologies. The economical rationale of the liquefied natural gas use on the territory of Extreme North is given. Increase in foreign companies activity and the Russian marketplace for the intellectual property in the field of LNG production and storage competitive practices are in evidence. The construction of stationary LNG reservoirs rational is given, the main reason of the use of embedded reservoirs being sharp decrease of environmental heat gain and massive reduction of cryogenic energy carrier evaporation. New methods of calculation and design solutions of stationary LNG reservoirs based on vacuum free technology which can be applied in the projects of reservoirs in the Arctic Region conditions are provided.*

### Проблемы создания современных стационарных хранилищ СПГ

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений развития отечественной газовой отрасли является освоение шельфовых газовых месторождений и дальнейшая поставка добываемого природного газа в виде криогенной жидкости – сжиженного природного газа.

Необходимо отметить, что СПГ является самостоятельным промышленным продуктом, а формой транспортировки природного газа. В связи с этим мировое промышленное производство СПГ, начавшееся в середине 70-х годов прошлого века, было в значитель-

ной степени стимулировано именно более экономически выгодной формой транспортировки огромного количества природного газа морским транспортом в сжиженном виде из газодобывающих стран в страны мира, не имеющих своих энергетических ресурсов [1].

Впервые исследования экономической целесообразности морских перевозок природного газа в случаях, когда невозможна его транспортировка по магистральным газопроводам была выполнена американскими и французскими фирмами в середине 60-х годов прошлого века при выборе оптимального решения о путях транспортировки газа из Алжира в Западную Европу.

Технико-экономические расчеты показали, что при годовом объеме транспорта газа до 10 млрд м<sup>3</sup> и расстоянии перевозки свыше 1500 км доставка сжиженного метана в морских танкерах (с учетом расхода на сжижение и регазификацию) становится более рентабельной, чем трубопроводный транспорт со сложным переходом через Средиземное море (рис. 1).

Сейчас данная технология транспортировки природного газа хорошо освоена и широко применяется в мире при доставке природного газа на большие территории.

В настоящее время, наряду с поставками СПГ на внешние рынки, для Российской



Федерации приоритетным направлением использования СПГ шельфовых месторождений является решение проблем «северного завоза» для удаленных территорий страны. «Северный завоз» – это комплекс ежегодных государственных мероприятий по обеспечению территорий Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока и северо-запада Европейской части России основными жизненно важными товарами (прежде всего, энергоресурсами) в преддверии зимнего сезона [2].

Одной из главных проблем территорий «северного завоза» является отсутствие дешевого и надежного энергообеспечения населения и промышленных объектов. Из-за большой удаленности этих территорий прокладка линий электропередачи от больших энергосетей нерентабельна и, зачастую, невозможна. Основными источниками электроэнергии здесь являются дизельные электростанции, а тепло вырабатывается угольными котельными. Топливо и практически всё необходимое для жизни большинства удаленных территорий России на долгие девять месяцев зимы можно завезти с «большой земли» только за короткое лето – во время «северного завоза» [3, 4].

Использование СПГ шельфовых месторождений позволяет коренным образом решить проблему с традиционным «северным завозом» органического топлива в энергодефицитные удаленные регионы нашей страны. Суть предлагаемого решения вышеуказанной проблемы подразумевает доставку от строящихся заводов сжиженного природного газа к прибрежным поселкам и удаленным населенным пунктам, расположенным на территориях «северного завоза», используя при этом самые различные виды местного транспорта – малые морские и речные каботажные танкеры, а также специальные контейнеровозы.

Одним из наиболее важных и дорогостоящих элементов в системе производства и потребления СПГ являются стационарные криогенные резервуары СПГ, основной функцией которых является хранение сжиженного природного газа на заводах СПГ и терминалах по регазификации сжиженного природного газа.

Отличительной особенностью российских шельфовых газовых месторождений, строящихся заводов СПГ и территорий «северного завоза» является то обстоятельство, что большинство из указанных объектов располагаются в арктической зоне. Так, например, в 2016 г. будет введена первая очередь завода СПГ на полуострове Ямал. Проектируется завод СПГ-Печеры и завод СПГ для Штокманского месторождения на побережье Баренцева моря.

Это определяет необходимость применения не только специфических технологий сжижения (с учетом низких температур Крайнего Севера), но и технологий строи-

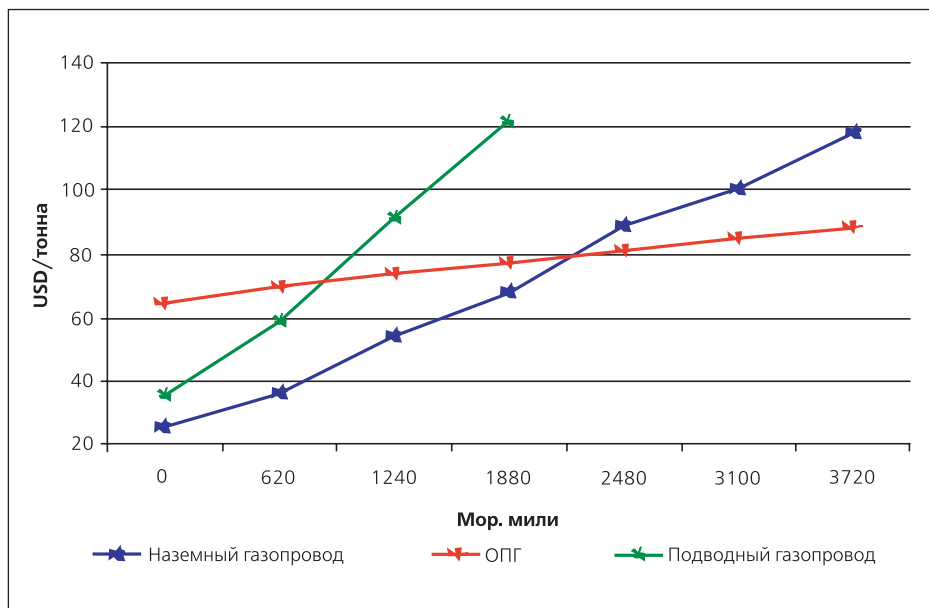


Рис. 1. Увеличение транспортных расходов при удалении места доставки

тельства стационарных хранилищ СПГ с учетом особенностей арктической зоны, отличительной чертой которой является вечная мерзлота и широкий диапазон объемов хранилищ СПГ – от сотен до сотен тысяч кубических метров.

Необходимо отметить, что в России отсутствует опыт проектирования и строительства стационарных хранилищ СПГ в условиях Крайнего Севера, которые, как отмечалось выше, являются одним из основных элементов любой инфраструктуры СПГ.

### Заглубленные криогенные резервуары – как перспективное направление в создании стационарных хранилищ СПГ в арктической зоне

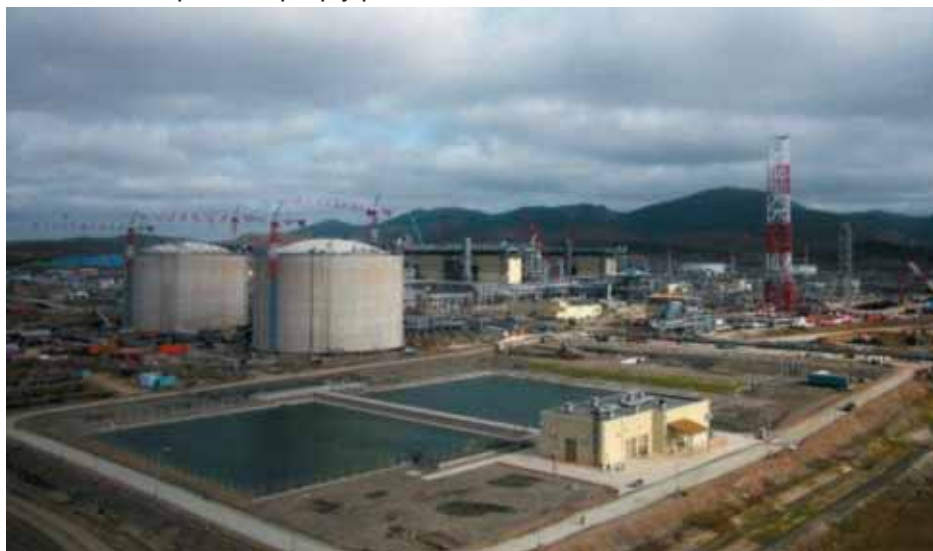
Мировой опыт создания стационарных хранилищ СПГ основан на применении наземных изотермических резервуаров с безвакуумной теплоизоляцией. Именно этот опыт был применен при строительстве криогенных резервуаров первого российского завода СПГ на о. Сахалин (рис. 2).

Однако в условиях Крайнего Севера и вечной мерзлоты наземное расположение резервуаров для хранения СПГ не является бесспорным.

Одним из главных аргументов применения заглубленных хранилищ является резкое снижение теплопритоков от окружающей среды, а следовательно, и значительное уменьшение испарения криогенного энергоносителя. Данный показатель является основным критерием эффективности для принятия решения по выбору того или иного способа хранения криогенной жидкости.

Так, в отличие от наземных хранилищ СПГ заглубленные хранилища эксплуатируются в условиях меньшего температурного градиента  $\Delta T$  (для наземных – при максимальной температуре воздуха с учетом солнечной радиации  $T_b = 30^\circ C$ ,  $\Delta T = 191^\circ$ ; для заглубленных – при средней температуре грунта  $T_r = -12^\circ C$ ,  $\Delta T = 149^\circ C$ ). Благодаря этому обстоятельству уменьшается интенсивность тепло-

Рис. 2. Наземные криогенные резервуары завода СПГ на о. Сахалин



Таблица

Наименование объектов, находящихся вне территории комплекса СПГ	Расстояние в м до изотермических резервуаров при общем объеме хранения СПГ, м <sup>3</sup>		
	до 1000		от 1000 до 6000
	надземные резервуары	подземные резервуары	подземные резервуары
Железнодорожные пути общей сети, трамвайные и троллейбусные линии	350	250	350
Автомобильные дороги общего назначения	250	200	250
Границы промышленных предприятий (до ограждения)	500	350	500
Жилые и общественные здания	700	500	700
Гидротехнические сооружения, мосты	500	350	500
Склады нефти и нефтепродуктов, компрессорные и насосные станции магистральных газо- и нефтепродуктопроводов; ГПС, автозаправочные станции	350	250	300
Отдельно стоящие нежилые и подсобные здания; гаражи и открытые стоянки автомобилей, не относящихся к комплексу СПГ; устья нефтяных и газовых скважин	250	200	250

обмена и безвозвратные потери сжиженного природного газа.

В наземных резервуарах большая концентрация СПГ, являющегося веществом с повышенной пожаро-взрывоопасностью, на относительно небольших площадях хранилищ обуславливает серьезную проблему обеспечения пожарной безопасности такого рода объектов. Все это вызывает значительную сложность обеспечения пожарной безопасности наземных хранилищ СПГ при аварийных разливах (разгерметизации) и размещения их вблизи населен-

ных пунктов и объектов другого функционального назначения [5, 6].

Так, еще в 1988 г. были введены в действие ведомственные нормы технологического проектирования установок по производству и хранению сжиженного природного газа, изотермических хранилищ и газозаправочных станций (ВНТП 51-1-88).

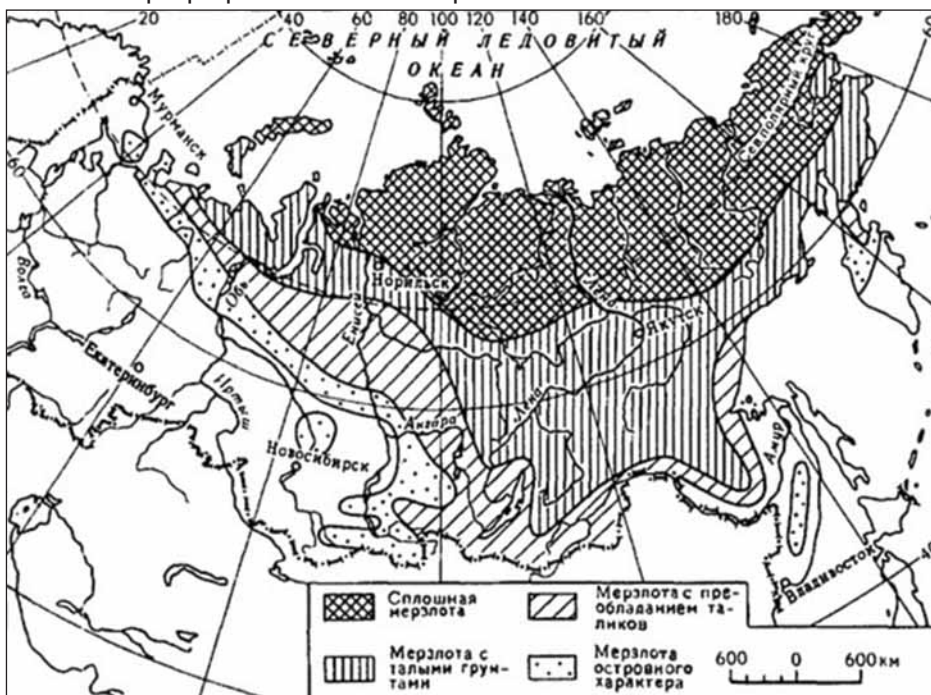
В указанных нормах содержатся требования, обязательные при проектировании и строительстве комплексов, предназначенных для снабжения СПГ, в качестве моторного топлива, в частности для различных видов транспорта.

В табл. приведены минимальные расстояния от комплексов СПГ до других промышленных объектов, жилых и общественных зданий, объектов транспорта и т. д., которые следует принимать во внимание, в зависимости от общего объема и типа резервуаров (надземные, подземные) изотермического хранилища комплекса.

Согласно данным нормам, при строительстве изотермических хранилищ при общем объеме хранения СПГ от 1000 до 6000 м<sup>3</sup> могут быть использованы только подземные резервуары, а при объеме хранения СПГ менее 1000 м<sup>3</sup> использование подземных резервуаров позволяет сократить расстояния от комплексов СПГ до других промышленных объектов, жилых и общественных зданий в 1,5–2 раза, что имеет существенное значение при создании инфраструктуры хранения СПГ в городах и населенных пунктах Российской Федерации.

В связи с этим, строительство заглубленных изотермических хранилищ, в первую очередь, ввиду более высоких характеристик пожаро- и взрывобезопасности, является наиболее перспективным направлением создания современных хранилищ СПГ. Особенно перспективным данное направление является для создания хранилищ небольшого объема в целях перевода систем автономной энергетики и транспорта на сжиженный природный газ как альтернативный вид топлива. Это связано с тем, что в этих случаях предъявляются более жесткие требования к противопожарному нормированию при размещении хранилищ по отношению к населенным пунктам и промышленным объектам. За-

Рис. 3. Область распространения многолетней мерзлоты в России



глубенные хранилища СПГ исключают крупномасштабный разлив продукта и поэтому с точки зрения безопасности являются оптимальными.

Кроме этого, заглубленные хранилища позволяют в оптимальных условиях сохранить большие объемы СПГ, не расходуя дополнительную полезную площадь на размещение резервуаров. Конструкция таких резервуаров с люком в верхней части позволяет обеспечить простой и удобный доступ к хранилищу сжиженного природного газа (в основном в период технологического обслуживания) и практически исключает возможность серьезного повреждения хранилища и разлива продукта при всех предусмотренных технологией режимах эксплуатации.

#### Анализ гидрогеологических условий территорий Крайнего Севера и технологии строительства сооружений в вечномёрзлых грунтах

Одними из важных климатических факторов, влияющих на глубину мерзлого слоя, а соответственно, на выбор технических решений и стоимость строительства заглубленных хранилищ СПГ в арктической зоне являются характеристики криолитозоны, под которой понимают область подземного оледенения (термин введен в 1955 г. советским мерзловедом П. Ф. Швецовым; ранее для ее обозначения использовался термин «вечная мерзлота»).

Криолитозона – верхний слой земной коры, характеризующийся отрицательными температурами горных пород и наличием (или возможностью существования) подземных льдов. В ее состав входят многолетнемерзлые горные породы, подземные льды и непромерзающие горизонты сильно минерализованных подземных вод [7].

Горные породы, длительное время (от нескольких лет до многих тысячелетий) находящиеся при температурах ниже 0 °С и сцементированные замерзшей в них влагой, получили название многолетней или вечной мерзлоты. Содержание льда, т. е. льдистость многолетней мерзлоты может быть весьма различной. Она колеблется от нескольких процентов до 90 % общего объема породы. В горных районах льда обычно бывает мало, зато на равнинах подземный лед нередко оказывается главной горной породой. Особенно много ледяных включений содержится в глинистых и суглинистых отложениях крайних северных районов Средней и Северо-Восточной Сибири (в среднем от 40–50 до 60–70 %), отличающихся наиболее низкой постоянной температурой грунта.

В советские годы специальные исследования многолетней мерзлоты проводились М. И. Сумгиным, П. Ф. Швецовым, А. И. Поповым, И. Я. Барановым и многими другими учеными.

Область распространения многолетней мерзлоты в России занимает около 11 млн км<sup>2</sup>,

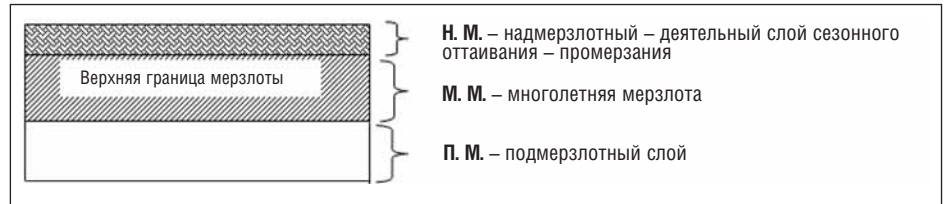


Рис. 4. Разрез и состав вечномёрзлой толщи

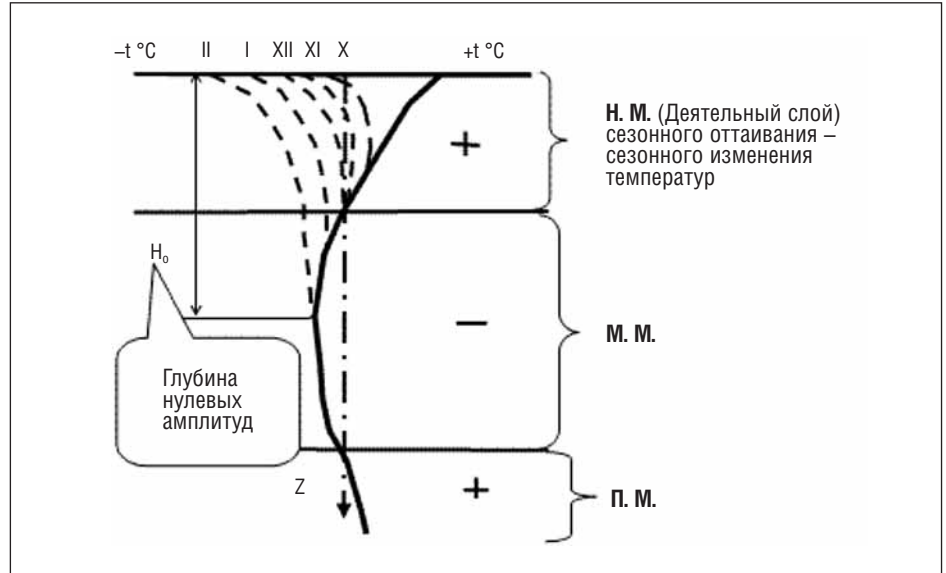


Рис. 5. График сезонных изменений температуры деятельного и вечномёрзлого грунтов по глубине основания в различные периоды времени

что составляет почти 65 % территории страны (рис. 3).

В пределах этой обширной территории условия развития мерзлоты не одинаковы. Северные и северо-восточные районы Сибири, острова азиатского сектора Арктики и северный остров Новой Земли заняты сплошной низкотемпературной многолетней мерзлотой. Южная ее граница проходит через северную часть Ямала, Гыданского полуострова к Дудинке на Енисее, затем к устью Вилюя, пересекает верховья Индигирки и Колымы и выходит к побережью Берингова моря южнее Анадыря.

К северу от этой линии температура слоя многолетнемерзлых пород составляет –6...–12 °С, а его мощность достигает 300–600 м и более. Южнее и западнее распространена мерзлота с островами таликов (талого грунта). Температура мерзлого слоя здесь выше (–2...–6 °С), а мощность уменьшается до 50–300 м. Близ юго-западной окраины области распространения мерзлоты встречаются лишь отдельные пятна (острова) мерзлоты среди талого грунта. Температура мерзлого грунта близка к 0 °С, а мощность менее 25–50 м. Это – островная мерзлота.

Вечномёрзлая толща по вертикали разделяется на две части: деятельный слой и собственно мерзлая толща (рис. 4).

Деятельный слой – это верхняя часть толщи вечной мерзлоты, которая в летний период оттаивает и замерзает зимой, т. е. в определенной мере это сезонная мерзлота. Мощность этого слоя зависит от климата и

диалогического состава грунтов и колеблется от 0,3 до 4 м.

На Севере мощность минимальная, на Юге – наибольшая. В одном и том же месте в торфе или глине мощность слоя может быть 0,2–1 м, в то же время как в песках и гравии, имеющих открытые поры, 2–4 м.

В летний период надмерзлотный слой грунта (деятельный слой) будет иметь положительную температуру, т. е. будет находиться в талом состоянии. С началом зимнего периода, при понижении температуры воздуха и поверхности грунта до отрицательного значения, надмерзлотный слой грунта начнет промерзать. Годовые изменения амплитуды температуры данного слоя по глубине основания достигнут величины около 0 °С, ниже которой грунт будет находиться практически при постоянной отрицательной температуре около –4 °С (многолетняя мерзлота) [8, 9].

Если сделать разрез в мёрзлом грунте, то можно увидеть изменения температуры грунта по глубине, показанные на рис. 5.

Вечномёрзлая толща по своему строению бывает двух видов:

- непрерывная, т. е. в виде сплошного массива из мерзлого грунта;
- слоистая – в виде чередования мерзлых слоев со слоями (прослоями) талых грунтов или чистого льда. Наличие талых грунтов связано с циркуляцией межмерзлотных (межплатовых) напорных подземных вод (рис. 6).

В вечной мерзлоте присутствуют все виды грунтов. Грунты скального класса занимают



Рис. 6. Граница между породой и скальным грунтом

незначительное место. Основную массу мерзлых толщ составляют дисперсные грунты (супеси, суглинки, глины, пески и др.). По физическому состоянию вечномёрзлые грунты разделяют на три вида:

- твердомерзлые – цементированный песок, который ведет себя как скальный грунт;
- пластичномёрзлые – цементированные льдом глинистые грунты, которые содержат также жидкую воду и могут сжиматься под нагрузкой;
- сыпучемёрзлые – в виде песка, гравия, в которых обломки и частицы не цементированы льдом и грунты находятся в рыхлом состоянии.

При проектировании и строительстве сооружений учитывают два характерных состояния вечномёрзлых грунтов – мерзлое и немерзлое. В зависимости от назначения зданий или отсутствия в их конструкции источников теплоотдачи, как уже говорилось, применяют два принципа использования грунтов в качестве основания: сохранение их в мерзлом состоянии в течение всего периода строительства и эксплуатации (I принцип) и учет возможных деформаций в результате оттаивания грунтов основания и деградации вечной мерзлоты (II принцип).

При строительстве по I принципу по сложности сохранения грунтов основания в мерзлом состоянии различают следующие три группы сооружений.

**Грунта А.** Неотапливаемые сооружения, при строительстве и эксплуатации которых для сохранения грунтов в мерзлом состоянии не требуется применять дополнительные устройства и выполнять особые мероприятия.

**Грунта Б.** Отапливаемые сооружения, при строительстве и эксплуатации которых сохранение грунтов основания в мерз-

лом состоянии может быть обеспечено простыми способами.

**Грунта В.** Отапливаемые сооружения, при строительстве и эксплуатации которых сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии возможно лишь при применении сложных способов и устройств.

Заглубленные стационарные хранилища СПГ, расположенные в арктических регионах, относятся к группе сооружений А, возводимых по I принципу. Поэтому представляет интерес отечественный опыт строительства сооружений по данному типу.

В связи с этим необходимо отметить, что в настоящее время разработан и апробирован метод проектирования и строительства только наземных сооружений в зоне вечной мерзлоты. Это метод по I принципу, который является общепризнанным и универсальным, поскольку позволяет наилучшим образом использовать высокие строительные качества любых мёрзлых грунтов. По этому методу построено много промышленных сооружений и целые города (г. Норильск).

Следует отметить, что теоретические исследования по строительству заглубленных сооружений группы А в российской науке отсутствуют. Прежде всего не исследованы проблемы, связанные с промерзанием вмещающего массива деятельного слоя грунта при эксплуатации изо-термических хранилищ при хранении в них криогенных жидкостей, к числу которых относится сжиженный природный газ. В то время как некоторые типы грунтов склонны при замерзании к значительному объемному расширению (пучению), что может привести к развитию опасных воздействий на хранилище со стороны промерзающего грунта.

Указанные выше многоплановые вопросы строительства и эксплуатации низкотемпературных заглубленных хранилищ СПГ могут быть успешно решены только при использовании научно обоснованных методик расчета данных объектов.

### Ключевые слова

Сжиженный природный газ (СПГ), интеллектуальная собственность, патентные исследования, хранилища СПГ, технологии производства и хранения сжиженного природного газа.

*Liquefied natural gas (LNG), intellectual property, patent researches, storage LNG, production technologies and storages of the liquefied natural gas.*

### Список литературы

1. Кириллов Н. Г., Лазарев А. Н. Сжиженный природный газ: анализ мирового рынка и перспективы отечественного производства. // *Газохимия*, № 6, 2011. – с. 23–29.
2. Кириллов Н. Г., Лазарев А. Н. Сжиженный природный газ месторождений Арктики и Дальнего Востока – решение проблем энергоснабжения удаленных регионов России и «северного завоза» // *Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо*, № 4 (58), 2011. – с. 59–66.
3. Кириллов Н. Г., Лазарев А. Н., Ивановский С. В. Экология и автотранспорт: о необходимости перехода на природный газ как перспективное моторное топливо // *Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо*, № 2, 2014. – с. 7–14.
4. Кириллов Н. Г., Лазарев А. Н. Методика расчета технико-экономической эффективности применения подземных хранилищ СПГ в системах теплоснабжения населенных пунктов // *Газовая промышленность*, № 5, 2013. – с. 76–82.
5. Кириллов Н. Г., Лазарев А. Н. Стационарные хранилища сжиженного природного газа как источники чрезвычайных аварийных ситуаций // *Газовая промышленность*, № 1, 2013. – с. 83–86.
6. Кириллов Н. Г., Лазарев А. Н. Анализ проблем расчета поражающих факторов при аварийных ситуациях на хранилищах сжиженного природного газа. // *Безопасность*, № 1, 2012. – с. 34–40.
7. Федорович Д. И. Основы геофизиологии (мерзловедение) т. 1, М.: Изд-во АН СССР, 1959.
8. Цытович Н. А. Механика мерзлых грунтов. Учебное пособие. М., Высшая школа, 1973. – 448 с.
9. Велли Ю. Я. и др. Справочник по строительству на вечномёрзлых грунтах. Стройиздат, Ленинградское отделение, 1977. – 552 с.

### Для связи с авторами

Лазарев Александр Николаевич  
LazarevAlNik@yandex.ru  
Кириллов Николай Геннадьевич  
kirillov\_ng@mail.ru  
Ивановский Сергей Владимирович  
s\_ivanovskiy@inbox.ru



# CONDAT STAB

укрепление грунтов и водонепроницаемость

**CONDAT**

LUBRIFIANTS

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

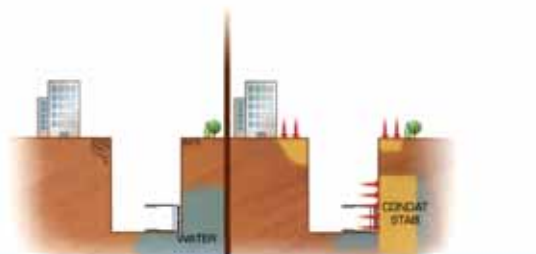
Продукция **CONDAT Stab** была разработана для решения задач укрепления грунта и водонепроницаемости при строительстве подземных сооружений и других видов подземных работ.

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

- повысить его механическую прочность;
- уменьшить проницаемость.

## Области применения CONDAT Stab

Укрепление стен стартовых котлованов при запуске тоннелепроходческих комплексов



Ремонт существующих подземных коммуникаций в случае их повреждения



Ремонт и укрепление фундаментов



Водонепроницаемость и герметизация подземных сооружений



Укрепление насыпей



Работа тоннелепроходческого комплекса в предельно тяжелых условиях



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

реклама

# АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ПРОФИЛЯ ПЕРЕГОННОГО ТОННЕЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬСТВА

## GEOTECHNICAL CONDITION ANALYSIS DURING CHOOSING OF SUBWAY TUNNEL LAYING TO IMPROVE TECHNICAL AND ECONOMIC CHARACTERISTICS OF CONSTRUCTING AND ITS SAFETY

**С. В. Мазеин**, д. т. н., Тоннельная ассоциация России

**В. В. Лехт**, Тоннельная ассоциация России

**А. Д. Прудников**, Тоннельная ассоциация России

**S. V. Mazein**, doctor of technical sciences, Russian Tunnelling Association

**V. V. Lekht**, Russian Tunnelling Association

**A. D. Prudnikov**, Russian Tunnelling Association

**В ходе научно-технического сопровождения проектирования участков Третьего пересадочного контура (ТПК) решается задача экспертного анализа проектной документации в целях совершенствования объемно-планировочных и конструктивных решений. Специалистами Тоннельной ассоциации России обоснованы предложения по оптимизации профиля перегонного тоннеля Московского метрополитена. Актуальность данных предложений – в оптимизации технических и эксплуатационных характеристик, а также мероприятий промышленной безопасности с получением экономического результата.**

***During scientific and technical support of Third Transfer Path (TTP) area design, the documentation expert analysis problem is solved in order to improve space-planning and constructive solutions. Substantiations for optimizing of subway tunnel laying in Moscow are substantiated by Russian Tunnelling Association specialists. The relevance of these substantiations consists in optimizing of technical and operational characteristics, as well as industrial safety activities in obtaining economic result.***

### Участок строительства

В рамках научно-технического сопровождения проектирования [1] была рассмотрена и проанализирована проектная документация Западного участка ТПК. На предварительной стадии проектная документация включала в себя план и профиль трассы двухпутного перегонного тоннеля с внешним диаметром обделки  $D_0 = 10,3$  м, которую предполагается возводить щитовым тоннелепроходческим механизированным комплексом (ТПМК) с грунтопригрузом. На стадии экспертного анализа был выделен перегон от станции «Кунцевская» до станции «Терехово», как самый сложный в инженерно-геологическом отношении. Как показывают укрупненные геологические карты Москвы, на трассе данного перегона происходит резкая смена вмещающих четвертичных и дочетвертичных отложений различного литологического состава и обводненности.

### Характеристика тоннеля и ТПМК

Перегонный тоннель имеет протяженность около 2200 м. Над тоннелем распола-

гаются городские коммуникации, наземная линия метро, две улицы, русло реки Москвы с водоохранной зоной, а также два городских парка (рис. 1).

Большой щитовой ТПМК (с диаметром ротора более 10 м) для строительства двухпутного тоннеля до настоящего времени в Москве не использовался. Такой щит должен развивать усилия проходческих домкратов для преодоления с коэффициентом запаса 1,3 следующих сопротивлений:

$F_1$  – сопротивление трения между грунтом и наружной оболочкой щита,

$F_2$  – лобовое сопротивление суммарному давлению, действующему на забой,

$F_3$  – боковое сопротивление на кривой трассе,

$F_4$  – сопротивление трения между щеточным уплотнением щита и обделкой,

$F_5$  – сопротивление протягиванию щитом тележек по обделке [2].

Для оптимального выбора ТПМК для инженерно-геологических условий рассматриваемого участка строительства проведен

анализ нескольких возможных вариантов щитов с техническими характеристиками, указанными в табл. Для дальнейшей оценки возможностей проходки выбираем из табл. первый вариант (с наилучшими силовыми характеристики щита).

### Изученность инженерно-геологических условий

Предварительно профиль (разрез) трассы перегона «Кунцевская» – «Терехово» был выполнен с топографическими отметками поверхности и заглубления городских коммуникаций, но без нанесения какой бы то ни было геологической информации. На данном разрезе, разработанном АО «Мосинжпроект», сразу можно выделить два участка заглублений с величинами грунтового перекрытия над сводом тоннеля, требующими внимания с точки зрения промышленной безопасности.

Первый участок имеет значительное породное перекрытие мощностью более 50 м. Близость реки на пикетах данного



Рис. 1. План трассы перегонного тоннеля

участка обуславливает высокий уровень грунтовых вод.

На втором участке запроектировано перекрытие мощностью около 10 м, располагающееся под руслом реки Москвы.

Анализируя архивные данные по разведочным геологическим скважинам на перегоне, наши специалисты нанесли на разрез основные инженерно-геологические границы: уровень грунтовых вод (УГВ) штрих-пунктирной линией; граница водоупора красной линией (между отложениями титонского и оксфордского ярусов верхней юры); верхняя граница известняков каменноугольной системы. Сразу же помимо двух первых отмеченных участков выделился и третий, требующий внимания со стороны промышленной безопасности участок заглубления, где в подошве забоя до половины его сечения встретится прочный известняк.

Эти участки I, II и III с неблагоприятными заглублениями тоннельного свода выделены на рис. 2.

### Анализ заглублений выделенных участков трассы

На первом опасном участке предварительные геологические данные показали, что высота свода давления над тоннелем достигает 30 м, расчетное вертикальное давление на оси тоннеля составляет до 730 кН/м<sup>2</sup>, а сцепление вмещающей водоупорной глины  $c = 50$  кН/м<sup>2</sup>.

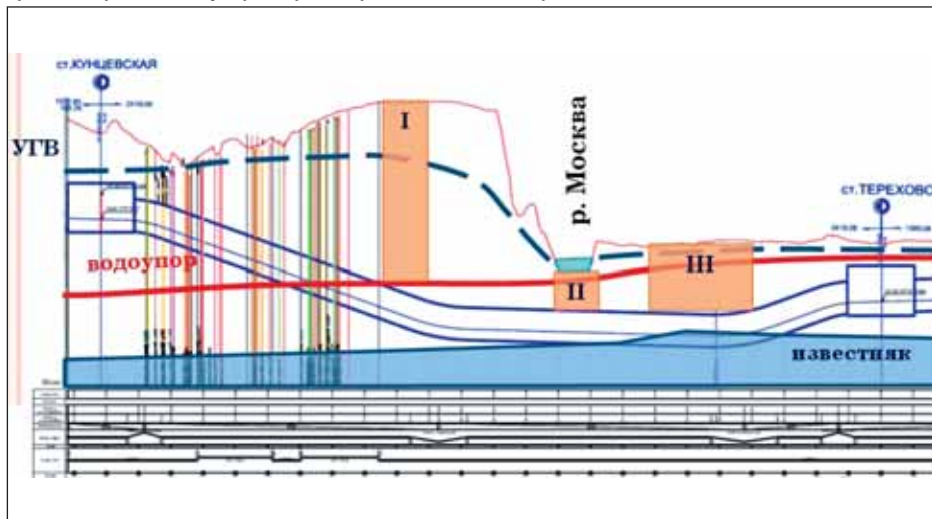
Поскольку на этом участке ожидается повышенное давление грунтов, проведем расчеты сопротивлений продвижению щита (наиболее габаритного из данных табл.), используя результаты проведенных ранее измерений усилий на щитах диаметрами 6,3 и 14,2 м, а также результаты определения ко-

Таблица

Технические характеристики ТПМК

Характеристики ТПМК	№ 1: Херренкнехт 10690 S-517	№ 2:LOVAT ТВМ.ЕРВ /0940/134	№ 3: Херренкнехт 10820
Наружный диаметр ротора, D, мм	10690	10620	10850
Наружный диаметр щита/обделки, D <sub>1</sub> /D <sub>0</sub> , мм	10620/10300	10564/10300	10800/10500
Максимальное усилие проходческих домкратов, F <sub>д</sub> , кН	95567	72500	70500
Вес комплекса, т	1600	450	1300
Максимальный крутящий момент ротора, кН*м	26000	< 25000	23800
Общая длина щита l <sub>м</sub> /комплекса L, м	10/65	10/95	10/60

Рис. 2. Разрез с предварительной геологической информацией из архива (линиями обозначены: УГВ, граница юрского водоупора, верхняя граница известняков)



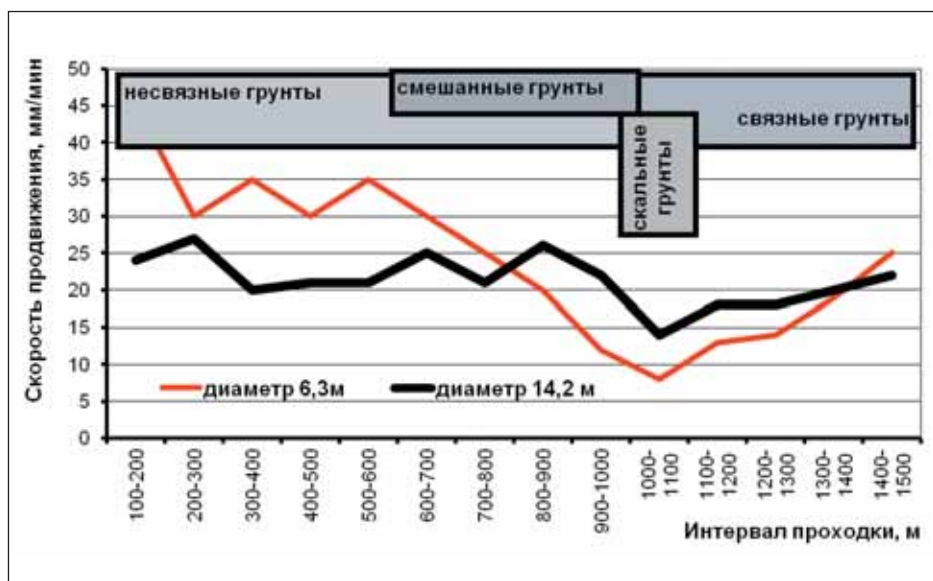


Рис. 3. Скорости проходки щитов диаметрами 6,3 и 14,2 м по трассе Серебряноборских тоннелей

коэффициента трения ( $\mu_2 = 0,15$ ) между уплотнением щита и обделкой [3].

Расчет сопротивлений щита № 1 с диаметром обделки  $D_0 = 10,3$  м:

$$F_1 = \pi \times D \times l_m = 50 \times 3,14 \times 10,7 \times 10 = 16800 \text{ кН};$$

$$F_2 = \pi \times D \times p / 4 = 3,14 \times 10,7 \times 730 / 4 = 65600 \text{ кН};$$

$F_3 = 0$ , пренебрегаем на прямом участке трассы;

$$F_4 = \mu_2 \times p \times \pi \times D_1 \times (D_1 - D_0) / 2 = 0,15 \times 730 \times 3,14 \times 10,62 \times (10,62 - 10,3) / 2 = 600 \text{ кН};$$

$$F_5 \approx 500 \text{ кН}.$$

Расчет показывает, что максимальное сопротивление оказывает давление, действующее на забой. Причем это давление со стороны грунтового массива в условиях проходки несвязных грунтов соответствует измеряемому усилию прижима ротора [4].

Суммарное усилие продвижения  $F_d > 1,3 \times (16800 + 65600 + 0 + 600 + 500) = 1,3 \times 83500 > 108550 \text{ кН}$ , что больше паспортного показателя 95567 кН (см. табл.).

Предварительные расчеты сопротивлений щита показали, что суммарное усилие продвижения недостаточно для преодоления сопротивлений. Поэтому на первом участке предлагаем на 20 %, то есть на 5–6 м, уменьшить заглубление тоннеля. В качестве дополнительной рекомендации можно предложить максимально увеличить (при подаче тампонажного раствора через каналы в хвостовике щита) величины инъекционного давления, помогающего передвижению щита и составляющего 4–8 % рабочих усилий проходческих домкратов [3, 5].

На втором опасном участке предварительные геологические данные показали, что заглубление около 10 м под руслом реки

Рис. 4. Вид ротора большого щита после проходки по пластам известняка



Москвы приводит к рискам нарушения дна реки, поскольку часть грунтового перекрытия (2–3 м) составляют аллювиальные водонепроницаемые отложения. К появлению гидравлической связи реки и тоннеля приводят выпоры грунта перед щитом и осадка грунта над и за щитом. Рекомендуемое безопасное заглубление свода под дном реки – не менее одного диаметра тоннеля, причем это перекрытие необходимо считать от нижней границы аллювиальных водонасыщенных песчаных грунтов. Поэтому здесь логичным предложением будет увеличить заглубление свода тоннеля на 2–3 м.

На третьем опасном участке с наличием прочного известняка в забое выявляются следующие технические и экономические риски:

- замедление темпов проходки,
- большой износ режущего инструмента,
- износ тракта выдачи грунта,
- повышенные усилия продвижения щита.

Все это приводит к потерям времени и материальным затратам на ремонт резцов, конвейеров, тоннельной обделки.

#### Анализ рисков заглубления третьего участка

Во-первых, при наличии известняка наблюдается замедление темпов резания ротором и проходки щитом на различных примерах тоннельных проходок, что иллюстрируется полученными ранее графиками скорости продвижения щитов диаметром 6,3 м (красная линия) и диаметром 14,2 м (черная линия) по трассе Серебряноборских тоннелей (рис. 3).

Научно-техническое сопровождение этих тоннельных проходок показало, что после продвижения щитов по несвязным и смешанным грунтам в подошве тоннеля встретился слой прочного известняка на интервале трассы 1000–1100 м, что значительно снизило темпы проходки. Причем снижение скорости продвижения было более значительным для щита меньшего диаметра, что отмечено в публикациях [6]. Пример падения скорости подтвержден на участке строительства метро на перегоне «Ходынский поле» – «Хорошёвская» перед ПК 132 – снижение скорости с 12 п. м в сутки до 0 п. м в сутки, а затем простой щита на 14 месяцев. Из истории первого применения ТПМК на строительстве Московского метрополитена (Люблинская линия, 1988 г.) известно также, что встреча известняка в забое застопорила щит, привела к его потере, а перед этим – к продолжительным, дорогостоящим, связанным с опасностью кессонным работам в забое [7].

Во-вторых, большой расход режущего инструмента из-за абразивных свойств окварцованного известняка, резания тонкой стружки и образования глыб – это те факторы, которые ведут к простоям, а также к материальным затратам на ремонт и замену режущего инструмента. На рис. 4 – ротор большого щита после проходки по пластам известняка (Лефортово, 2003), в результате



которой на роторе многие режущие кромки инструмента вышли из строя.

В-третьих, наличие прочного известняка в выдаваемом щитом потоке грунта приводит к риску абразивного износа шнекового и ленточного конвейера выдачи грунта. В свою очередь это приводит к простоям на ремонт конвейеров. Известно, что абразивными свойствами обладают кварцевые включения в известняке, а его естественная трещиноватость и карстовые каверны способствуют образованию глыб, ломающих резцы и нарушающих процесс транспортирования породы.

В-четвертых, повышенные усилия продвижения и большой интервал значений наклона щита, получаемых при проходке прослоев прочного известняка, приводят к повреждениям тоннельной обделки. Чрезмерные концентрации усилий проходческих домкратов на торце тоннельной обделки, необходимые для подачи ротора на разрабатываемый забой с прослоями прочного известняка, вызывают появление трещин, растущих по направлению от щита (рис. 5).



Рис. 5. Трещины в обделке из-за повышенных проходческих усилий

### Предложения по коррекции заглубления перерегонного тоннеля «Кунцевская» – «Терехово»

В итоге анализа первоначального положения запроектированного профиля трассы, оценки предварительной геологической информации и возможных экономических рисков можно сформулировать следующее предложение по коррекции проектной документации Западного участка ТПК.

Предлагается относительно ранее запланированного заглубления трассы тоннеля на участке: первом – выше на 5–6 м; втором – ниже на 1–2 м; третьем – выше на 5–6 м от первоначального профиля.

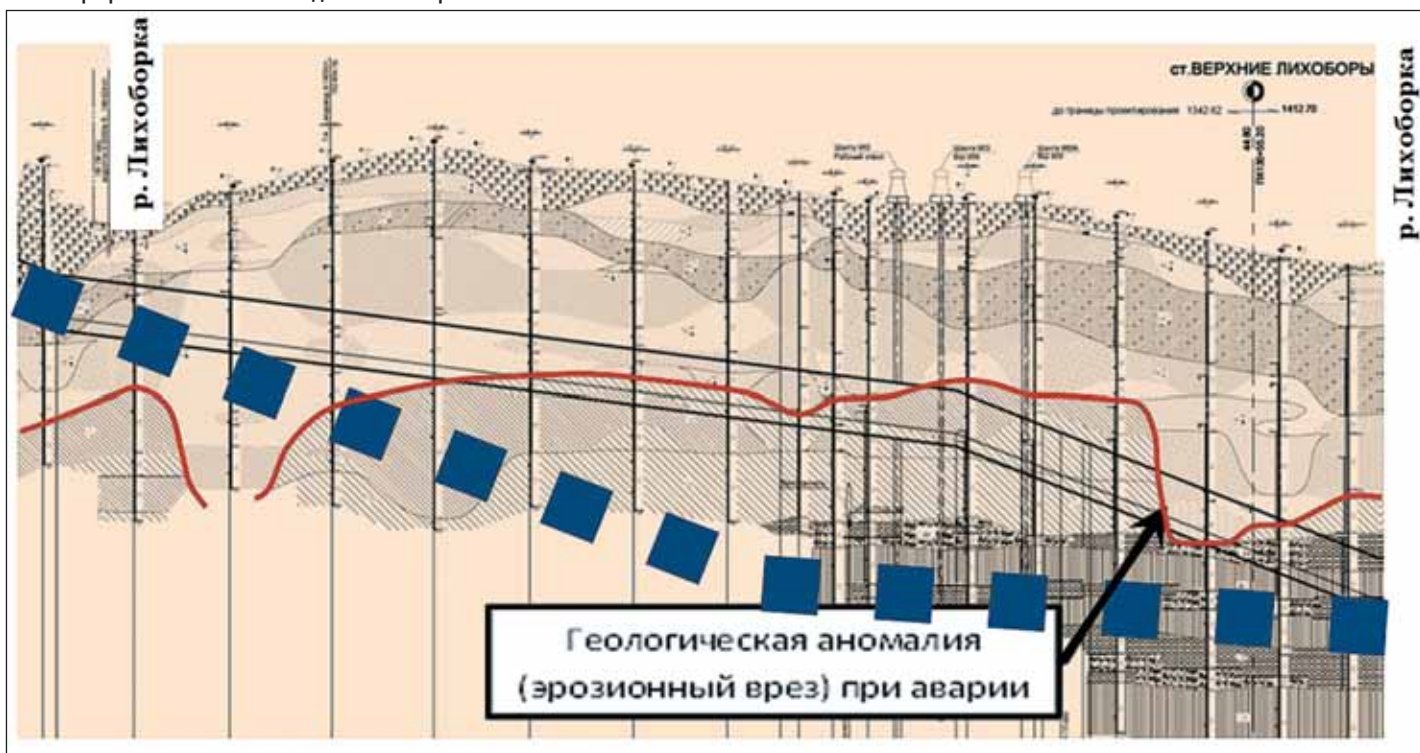
### Примеры инцидентов, случившихся во время строительства метро

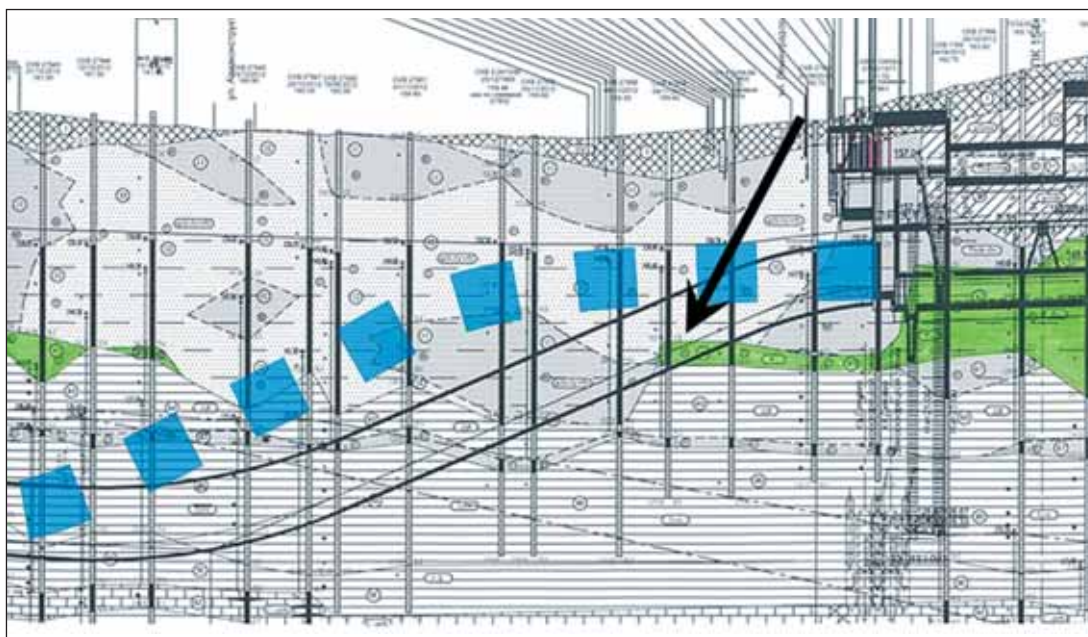
Считаем весьма полезным привести примеры инцидентов во время строительства тоннелей метро, чтобы сделать выводы по правильности выбора заглублений тоннельных трасс.

Первый пример – левый тоннель в депо «Лихоборы», проходка которого вызвала аварийную осадку здания на ПК 0б. Трасса тоннеля прошла через геологическую аномалию – юрский эрозионный врез (рис. 6). При резкой смене вмещающих пород с глинистых пород на водонасыщенные пески скачкообразно повысилось гидростатическое давление в забое и объем выдаваемого грунта.

Следующий пример – ПК 151+70 левого перегонного тоннеля к станции «Петровский Парк», где остановка проходки связана с обжатием щита валунами и сверхнормативным выходом пльвуна через шнек, а также появлением значительной вибрации в здании над тоннелем. В лотке забоя оказалось выклинивание пылеватого песка меловой системы и появление четвертичных грунтов с валунами (рис. 7). В данном случае безопаснее было бы стартовать щитом от станции «Петровский Парк», когда ротор щита имеет еще новый режущий инструмент, по трассе с продолжительным минимально возможным уклоном (штрих-пунктир на рис. 7), минуя выклинивающие слои меловой

Рис. 6. Профиль левого тоннеля в депо «Лихоборы»





Пылеватый  
песок  
меловой  
системы

Рис. 7. Профиль левого перегонного тоннеля к станции «Петровский Парк»

системы из-за опасности встречи пльвуна и валунов.

Анализ указанных примеров позволяет внести ряд предложений по недопущению впредь подобных инцидентов на стадии проектирования:

- трассу тоннелей располагать, минуя юрские эрозионные врезы и резкую смену инженерно-геологических условий, требующую изменения технологических режимов проходки (см. штрих-пунктир на рис. 6);
- выбирать преимущественное направление проходки от худших инженерно-геологических условий к лучшим;
- трассу тоннелей располагать, минуя выклинивающие слои меловой системы (из-за опасности встречи пльвуна и валунов) и резкую смену инженерно-геологических условий, требующую изменения технологических режимов проходки;
- выбирать направление проходки с минимизацией расстояний между остановкой щита (для замены резцов) и участком трассы с их возможным большим износом в условиях плотной городской застройки.

#### Общие рекомендации по заглублению перегонного тоннеля

1. Предлагается проектировать профиль трассы тоннеля с обязательным анализом предварительной геологической информации.

2. По архивным данным необходимо построить инженерно-геологический разрез по участку перегонного тоннеля с информацией по следующим границам: уровень грунтовых вод; границы меловой системы; граница водоупора юрской системы; верхняя граница известняков каменноугольной системы.

3. Во избежание внеплановых остановок (застопоривания) щита, предлагается рассчитывать давление на него при заглублении трассы под УТВ более двух диаметров тонне-

ля, поскольку свод давления над тоннелем распространяется на все это заглубление и создает избыточное сопротивление продвижению щита. Заглубление свода тоннеля предлагаем выбирать после расчета такого сопротивления.

4. Во избежание выпора дна реки предлагается выдерживать заглубление при пересечении реки тоннелем, рекомендуемое производителем щита более одного диаметра и отсчитываемое от верхней границы водоупора. В противном случае необходимо создать балласт на дне реки.

5. Рекомендуется в сечении тоннеля избегать встречи прочного и закарстованного известняка, чтобы обеспечить высокие темпы проходки, сократить затраты на ремонты и замены режущего инструмента и транспортного оборудования, минимизировать повреждение тоннельной обделки избыточными усилиями проходческих домкратов.

6. Рекомендуется в сечении тоннеля избегать встречи выклинивающихся пластов грунтов различных литологических разностей, чтобы обеспечить бесперебойность проходки щитом, минуя резкое повышение/уменьшение гидростатического давления, минуя участки распространения валунов, пльвунов, сократить затраты на простой щита, связанные с заменой режущего инструмента, сократить затраты на защиту и ремонт городской наземной застройки и подземных коммуникаций.

#### Ключевые слова

Научно-техническое сопровождение проектирования, перегонный тоннель, грунтовое перекрытие, усилие продвижения щита, абразивный износ.

*Scientific and technical support of design, subway tunnel, ground overlay, shield advance force, abrasive wear.*

#### Список литературы

1. Бычков Н. Н., Дорман И. Я., Елгаев С. Г., Мазеин С. В., Меркин В. Е., Мутушев М. А. Научно-техническое сопровождение проектирования и строительства подземных сооружений, как фактор обеспечения единой научно-технической политики // *Метро и тоннели*. – 2015. – № 1. – С. 18–19.
2. Руководство по проектированию и строительству тоннелей щитовым методом / Перевод с английского В. Е. Меркина, В. П. Самойлова. – М.: «Метро и тоннели». – 2009. – 448 с.
3. Мазеин С. В. Обоснование расчетных сопротивлений трения грунта и тоннельной обделки продвижению щитовой машины // *Горное оборудование и электромеханика*. – 2010. – № 11. – С. 2–8.
4. Мазеин С. В. Использование характеристик прижима ротора для контроля запаса суспензионного пригруза при тоннельной щитовой проходке // *Горное оборудование и электромеханика*. – 2010. – № 3. – С. 2–8.
5. Мазеин С. В. Контроль инъекционного давления твердеющего раствора за обделкой тоннеля и проходческим щитом // *Горное оборудование и электромеханика*. – М. – 2009. – № 11. – С. 41–45.
6. Пашкин Е. М., Мазеин С. В., Рябов Е. Б. Разработка технологической утилизации инженерно-геологических условий строительства метрополитена в Москве // *Метро и тоннели*. – 2015. – № 5. – С. 13–15.
7. Макаревич Г. В. Щиты с грунто- и гидрпригрузом // *Метро и тоннели*. – 2004. – № 1. – С. 22–26.

#### Для связи с авторами

Мазеин Сергей Валерьевич  
maz-bubn@mail.ru  
Лехт Владимир Валерьевич  
lekhtpost@mail.ru  
Прудников Андрей Дмитриевич  
d080808@ya.ru



# КРИТЕРИИ ВЫБОРА СОВРЕМЕННЫХ ИНЪЕКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ В ПОДЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТАХ

## DEFINED CRITERIA FOR ADVANCED POLYMER MATERIALS FOR STRUCTURAL AND WATERPROOFING INJECTION

Е. Н. Захарьин, к. т. н., продукт-менеджер по инъекционным технологиям ООО «Эм-Си Баухеми»

E. N. Zakharin, Candidate of Technical Sciences, company «LTD MC-Bauchemie»

**В статье определены критерии выбора современных полимерных материалов для конструкционного и гидроизоляционного инъецирования. Приведены возможности и технические особенности высокотехнологичных гидрогелей для долговечной герметизации швов и тугопластичных полиуретанов для заполнения заобделочного пространства в сложных гидрогеологических условиях.**

*Author determined features and technical characteristics of hydrogels for high-tech durable sealing joints and special duromer polyurethane for filling-in the gap behind the tunnel lining in complex hydrogeological conditions.*

Для решения задач, связанных с нарушением гидроизоляции в подземных и заглубленных сооружениях, а также для восстановления несущей способности бетонных конструкций всё большее применение находят инъекционные технологии с применением современных высокотехнологичных материалов. Для транспортных тоннелей данные технологии являются особо востребованными, так как позволяют эффективно продлить срок эксплуатации существующих сооружений при ремонте и реконструкции, а также устранить ошибки проектирования и нарушения, допущенные в ходе строительства нового объекта.

Приходится констатировать, что наиболее совершенные инъекционные материалы производятся за рубежом, что связано с многолетним периодом развития этой отрасли, в первую очередь в Германии. Общие требования к инъекционным материалам представлены в общеевропейском стандарте DIN EN 1504-5:2013 «Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Определения, требования, контроль качества и оценка соответствия. Часть 5: Инъецирование бетона» [1]. В нашей стране в настоящее время начата работа по гармонизации данного стандарта с российскими нормами.

В [1] определены требования к следующим группам инъекционных составов на полимерной и минеральной основах:

- материалы для силового (конструкционного) заполнения трещин, пор и швов (имеют адгезию к бетонной поверхности и способны передавать нагрузку через себя) – группа С;
- материалы для деформируемого заполнения трещин, пор и швов (эластичны и



**Рис. 1. Результаты испытаний гидрогеля MC-Injekt GL-95 TX на агрессивность к арматуре в бетонном кубике по методике IBAC: объем коррозии до 40 раз меньше по сравнению с объемом коррозии при контакте с водой. Материал разрешен для применения в зонах контакта с арматурой и чугунных тубингов**

способны воспринимать последующие деформации) – группа Д;

- материалы для разбухающего заполнения трещин, пор и швов (способны к разбуханию в прореагированном состоянии за счет адсорбции воды) – группа Р.

В тоннельных сооружениях востребованы все три группы инъекционных материалов, но в наибольшей степени группы Д и Р, которые в первую очередь решают задачи восстановления гидроизоляции. Необходимо отметить, что [1] регулирует в Европе, так называемую, классическую технологию инъецирования и не распространяется на материалы, которые используются для инъецирования грунта и контактной зоны между конструкцией и грунтом (заобделочного пространства).

Многолетний мировой опыт выполнения инъекционных работ в тоннельных соору-

жениях показывает, что материалы групп С и Д могут обеспечивать долговечное восстановление монолитных железобетонных конструкций и тубингов обделки тоннелей, а составы группы Р наиболее эффективны для решения задач нарушения герметичности межтубинговых и деформационных швов, в том числе при наличии активного водопритока.

В России в настоящее время представлено большое количество инъекционных материалов различных производителей из Европы, Америки, Китая и России. Зачастую в нашей стране их эффективность и работоспособность определяется по результатам краткосрочного эффекта (как правило, от нескольких недель до нескольких месяцев), который может проявляться, например, в виде остановки фильтрации

Таблица

Параметр	Инъекционные материалы		
	для силового заполнения (группа С)	для деформируемого заполнения (группа Д)	для разбухающего заполнения (группа Р)
Базовые характеристики			
Адгезия к бетону при растяжении на разрыв, МПа	+	+	–
Относительное удлинение при максимальной нагрузке, %	–	+	–
Водонепроницаемость при испытании под давлением, Па	–	+	+
Адгезия к бетону при косом сдвиге под сжимающей нагрузкой, МПа	+	–	–
Содержание нелетучих веществ, %	+	+	–
Температура стеклования, °С	+	+	–
Агрессивность к арматуре в бетоне	–	–	+
Характеристики работоспособности			
Инъекционная способность при подаче в сухую среду, мин	+	+	–
Инъекционная способность при подаче в несухую среду, мин	+	+	–
Вязкость, МПа·с	+	+	+
Степень набухания при контакте с водой и изменение массы при переменном высушивании на воздухе и выдерживании в воде, %	–	–	+
Реакционные характеристики			
Жизнеспособность, мин	+	+	+
Динамика набора прочности на растяжение, МПа	+	–	–
Характеристики долговечности			
Адгезия к бетону при растяжении на разрыв после циклов нагревания и увлажнения/высушивания, МПа	+	+	–
Испытание на совместимость с бетоном (различные методики)	+	+	+

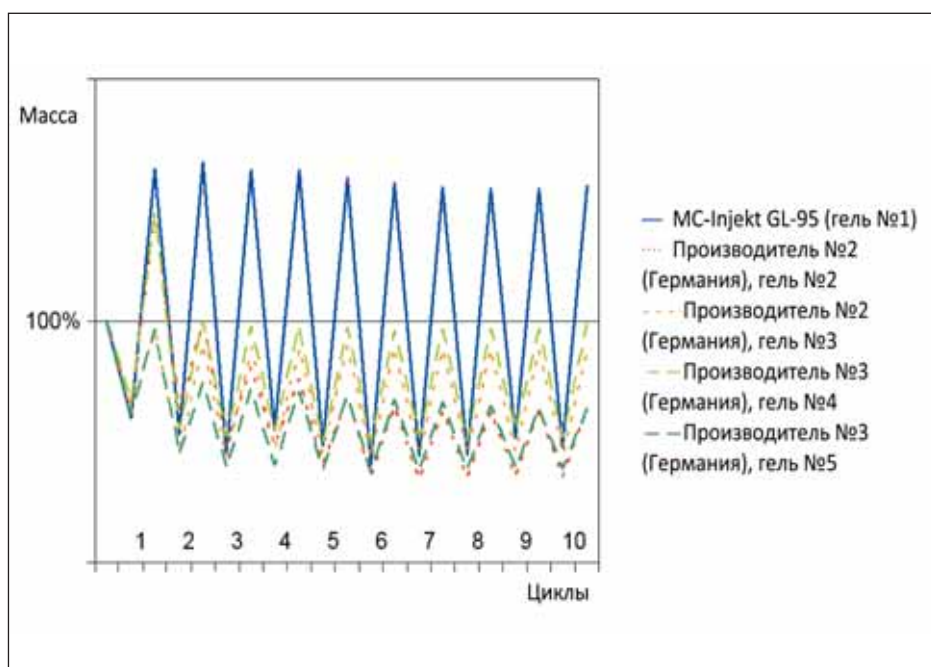


Рис. 2. Результаты циклических испытаний гидрогелей трех различных производителей по параметру изменения массы образцов при их переменном высушивании на воздухе и выдерживании в воде

воды на участке после выполнения работ по герметизации. К сожалению, на настоящий момент по отношению к полимерным инъекционным материалам не определены единые критерии их выбора, которые бы могли обеспечивать необходимый период работоспособности материала в конкретных условиях. Это необходимо как с точки зрения безопасности эксплуатации ответственных тоннельных сооружений, так и с экономической стороны вопроса, так как в этом случае имеется возможность рассчитывать стоимость решения с учетом его реальной долговечности. Например, материалы группы Р некоторых производителей являются сильноагрессивными по отношению к черному металлу и поэтому они запрещены для использования на участках, имеющих контакт с арматурой или обделкой чугунных тубингов, и напротив, более совершенные аналогичные материалы, наоборот, замедляют коррозионные процессы (рис. 1).

В таблице представлены параметры, по которым предъявляются требования к

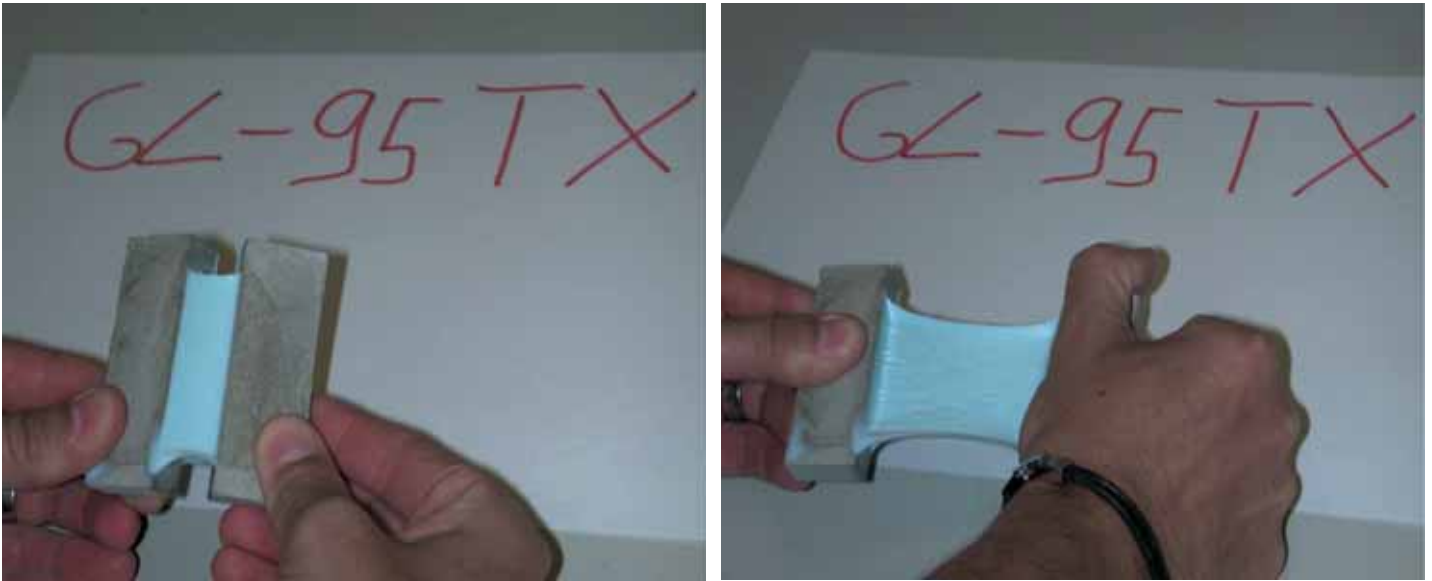


Рис. 3. Готовый образец гидрогеля *MC-Injekt GL-95 TX* для испытания на эластичность

полимерным инъекционным материалам в зависимости от их группы в соответствии с [1].

Применение материалов, испытания которых были проведены по всем параметрам, указанным в таблице, позволяет полноценно оценить технические преимущества составов, выпускаемых одними производителями над другими, а также исходя из условий эксплуатации и поставленной задачи прогнозировать их работоспособность с высокой долей вероятности. На рис. 2 представлен пример сравнения инъекционных материалов группы Р по параметру степени набухания при контак-

те с водой и изменению массы при переменном высушивании на воздухе и выдерживании в воде.

Высокотехнологичный акрилатный гидрогель *MC-Injekt GL-95 TX*, относящийся к группе Р, эффективно используется для эластичной герметизации межтубинговых и деформационных швов на протяжении уже 20 лет на объектах в Европе, Азии и России. Долговечная работоспособность решений с применением данного материала подтверждается высокими показателями технических параметров, выбранных по критериям, представленным в табл. (рис. 1–4). На настоящий момент в нашей

стране также имеется большой опыт применения низковязких полиуретанов-эластомеров (группа Д) для герметизации дефектов в бетонных тубингах и монолитной обделке (пустоты, трещины, рабочие швы бетонирования), сопровождающихся фильтрацией воды (рис. 5).

Заполнение заобделочного пространства с целью обеспечения совместной работы обделки с окружающим грунтом, а также для повышения водонепроницаемости грунтов традиционного осуществляется тампонажными растворами на минеральной основе, требования и критерии подбора которых представлены в [2]. Опыт строительства и

Рис. 4. Инъектирование усиленного полимером гидрогеля *MC-Injekt GL-95 TX* в крестовинах схождения тубингов по технологии с использованием двухкомпонентного инъекционного оборудования *MC-I 700*





Рис. 5. Растровое инъецирование станционных помещений и кабельных галерей Петербургского метрополитена двухкомпонентным эластомером *MC-Injekt 2300 top* (группа Д) с целью остановки фильтрации воды через дефекты и пористую структуру бетона

эксплуатация тоннелей в сложных горно-геологических и, особенно, гидрогеологических условиях показывает, что минеральные растворы не всегда являются эффективными. Это объясняется в первую очередь длительными сроками схватывания и медленной динамикой набора прочности. Двухрастворная (двухкомпонентная) система нагнетания в неустойчивых водонасыщенных грунтах является более результативной, так как позволяет обеспечить подачу состава со временем жизни меньше 1 мин [3]. Это обеспечивается в минеральных растворах за счет наличия второго компонента, которым является ускоритель твердения (например, силикат натрия). В условиях сильного обводнения, когда традиционные тампонажные растворы не обеспечивают полноценного заполнения полостей в грунте, в том числе по технологии двухрастворного нагнетания, хорошую эффективность демонстрируют прогрессивные полимерные инъекционные материалы.

Преимуществом современных высокотехнологичных тугопластичных полиуретанов является:

- регулируемая скорость реакции в широком диапазоне: от 7 с (подача по двухкомпонентной технологии) до 40 мин;
- высокая динамика набора прочности: прочность на сжатие через 24 ч при 20 °С составляет ок. 75 МПа, на растяжение при изгибе – 65 МПа;
- регулирование коэффициента вспенивания при контакте с водой от  $K = 0$  до  $K = 32$ ;
- регулирование тиксотропности (подвижности) состава;

- высокая проникающая способность: вязкость ок. 200 мПа·с;

Недостатком применения полиуретановых инъекционных материалов является минимальная температура грунта, воды или основания, которая должна быть не ниже +5 °С, а также существуют ограничения по объему подачи состава в монолитном состоянии за один раз в одну полость, что обосновано экзотермической реакцией твердения смолы.

Двухкомпонентные компаунды семейства *MC-Injekt 2700* на полиуретановой основе хорошо себя зарекомендовали для аварийной остановки воды в зонах выклинивания воды с высокой скоростью, а также для заполнения пустот, связывания и усиления грунта в местах обводнения, где традиционные минеральные составы выносятся из объема полезного заполнения совместно с водяными потоками. Данные материалы объединяют в себе свойства материалов групп С и Д и, следовательно, имеют обобщенные требования, представленные в таблице выше.

Большой практический опыт выполнения работ современными высокотехнологичными инъекционными материалами с нашим участием на различных объектах в России в течение последних 10 лет, в том числе в транспортных тоннелях: Гимринский автодорожный тоннель, тоннели совмещенной автомобильной и железной дороги Адлер – Альпика-Сервис, Лефортовский тоннель, тоннели Московского и Петербургского метрополитенов, а также наблюдение за состоянием конструкций в те-

чение длительного периода эксплуатации подтверждает необходимость и достаточность представленных выше критериев выбора инъекционных материалов.

#### Ключевые слова

Полимерные инъекционные материалы, подземное строительство, герметизация швов, нагнетание за обделку, тубинги, тоннели.

*Polymer injection materials, underground construction, joints sealing, filling-in the gap behind the tunnel lining, tubing, tunnels.*

#### Список литературы

1. DIN EN 1504-5 Products and systems for the protection and repair of concrete structures – Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity – Part 5: Concrete injection. – 2013. – 39 p.
2. СТО НОСТРОЙ 2.27.19-2011. Сооружение тоннелей тоннелепроходческими механизированными комплексами с использованием высокоточной обделки. – Москва: Нац. Объединение строителей, 2012. – 81 с.
3. Зафт А. Я. Двухкомпонентная система тампонажа с регулируемым сроком схватывания и кондиционирование грунтов при строительстве наклонного хода станции метро «Марьяна Роща» / А. Я. Зафт, С. А. Немков, А. И. Закорименный и др. // Транспортное строительство. – 2012. – № 4. – С. 21–24.

#### Для связи с автором

Захарьин Евгений Николаевич  
evgeny.zakharin@mc-bauchemie.ru



# ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МЕМБРАН В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

## APPLICATION OF SPECIAL POLYMERIC WATERPROOFING MEMBRANES FOR UNDERGROUND WORKS

**А. Т. Чубинишвили**, руководитель направления «Инженерная гидроизоляция», ООО «ТехноНИКОЛЬ Строительные Системы»

**A. T. Chubinishvili**, Head of Department of Engineering Waterproofing, LLC "TechnoNICOL Construction Systems"

Гидроизоляционные системы на основе полимерных мембран характеризуются долговечностью, надежностью, ремонтпригодностью.

Компанией ТехноНИКОЛЬ разработаны готовые решения для гидроизоляции подземных сооружений. Для обеспечения надежного функционирования систем ТехноНИКОЛЬ производит ряд специальных гидроизоляционных мембран на основе ПВХ (пластифицированного поливинилхлорида) и ТПО (термопластичного полиолефина).

В статье рассматриваются основные свойства, преимущества и области применения специализированных мембран ТехноНИКОЛЬ.

*The advantages of waterproofing systems based on polymeric membranes are durability, reliability, repairability. To ensure optimal solutions TechnoNICOL company developed several waterproofing systems for underground structures. To make the waterproofing systems more reliable TechnoNICOL produces a wide range of special waterproofing PVC and TPO membranes.*

*The main properties, advantages and application fields of special TechnoNICOL membranes are considered in the article.*

Все большую популярность в мире, в том числе и в России, приобретают системы для подземной гидроизоляции на основе полимерных мембран ПВХ и ТПО.

Полимерные мембраны обладают целым рядом преимуществ:

- хорошие физико-механические характеристики;
- хорошая химическая стойкость;
- высокая прочность;
- эластичность;
- долговечность;
- высокая прочность сварного шва;
- ремонтпригодность;
- возможность инструментального контроля качества сварки;

- сварка автоматическим оборудованием с контролируемыми параметрами, что минимизирует возможность ошибки;

- высокая скорость монтажа и минимальное количество швов;
- свободная укладка – способность системы компенсировать подвижки и деформации конструкции;
- возможность укладки на влажное и слабое основание;
- относительно простые требования к подготовке основания;
- возможность монтажа при отрицательных температурах.

ПВХ мембранам часто отдается предпочтение благодаря их способности адапти-

роваться к неровной поверхности без нарушения целостности в условиях высокого давления напорных подземных вод. По этому показателю ПВХ мембраны превосходят другие полимерные мембраны [1].

Кроме этого ПВХ мембраны удобны в работе, обладают высокой эластичностью и свариваемостью, характеризуются лучшей пожаробезопасностью.

В целом, на подавляющем большинстве объектов, где гидроизоляция выполняется при помощи полимерных мембран, используются материалы на основе ПВХ.

На основе полимерных мембран компанией «ТехноНИКОЛЬ» разработан ряд гидроизоляционных систем для фундаментов (табл.).

Таблица

Гидроизоляционные системы на основе полимерных мембран, разработанные компанией «ТехноНИКОЛЬ»

Название гидроизоляционной системы	Описание системы	Котлован с обратной засыпкой	Фундамент, примыкающий к ограждающей конструкции
ТН Фундамент Барьер	Без ремонтной системы	+	+
ТН Фундамент Проф	С ремонтной системой: разделение гидрошпонками и инъекционная система	+	+
ТН Фундамент Эксперт	Двухслойная, с вакуумным контролем качества	+	+

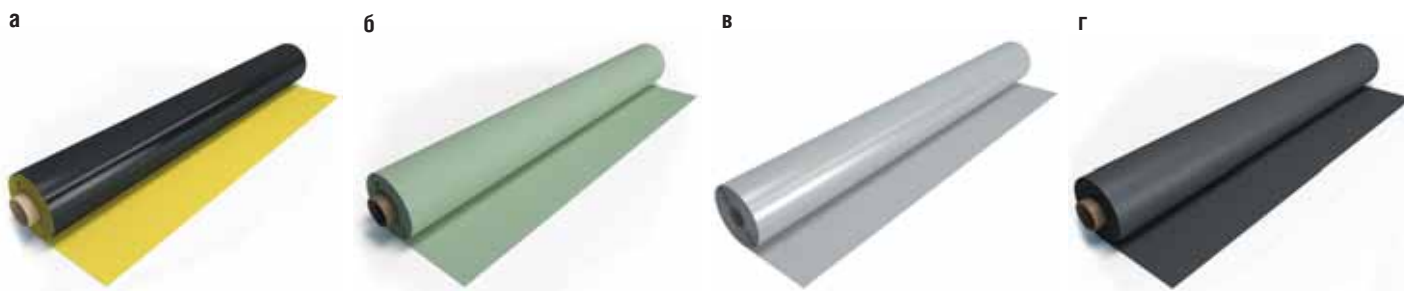


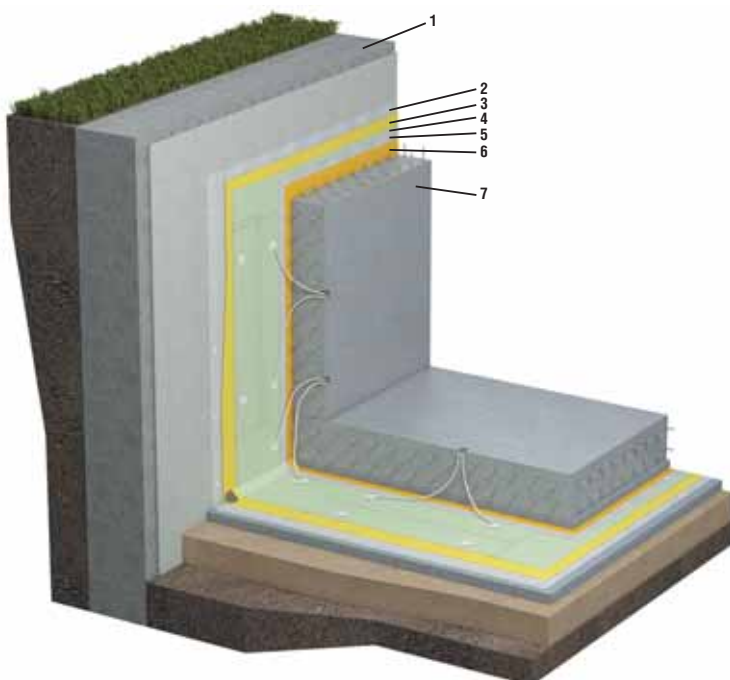
Рис. 1. Гидроизоляционные мембраны: а – LOGICBASE V-SL; б – LOGICBASE V-ST; в – LOGICBASE V-T; г – LOGICBASE V-PT

Для оптимального функционирования гидроизоляционных систем применяются мембраны различного назначения. Компания «ТехноНИКОЛЬ» производит широкий ассортимент полимерных гидроизоляционных мембран, что позволяет создавать надежные гидроизоляционные системы.

#### Основная гидроизоляционная мембрана LOGICBASE V-SL (LOGICROOF T-SL)

В большинстве гидроизоляционных систем в качестве основного гидроизоляционного слоя применяется мембрана LOGICBASE V-SL (рис. 1а). Это неармированная мембрана со светлым сигнальным слоем, изготовленная экструзионным способом. Отсутствие армирования позволяет в полной мере использовать эластичные свойства материала при монтаже и эксплуатации здания. Благодаря светлосигнальному слою облегчается обнаружение повреждений мембраны в случае их возникновения, а также повышается комфортность работы при монтаже в замкнутом пространстве.

Рис. 2. Двухслойная гидроизоляционная система ТН Фундамент Эксперт: 1 – «стена в грунте»; 2 – геотекстиль; 3 – ПВХ мембрана LOGICBASE V-SL; 4 – ПВХ мембрана LOGICBASE V-ST; 5 – геотекстиль; 6 – полистирольная планка; 7 – фундаментная плита



Стандартная толщина материала 1,5 и 2,0 мм, возможно также производство материала толщиной до 3 мм.

#### Мембрана LOGICBASE V-ST (LOGICROOF T-PL) для двухслойных гидроизоляционных систем

Фактурная неармированная мембрана LOGICBASE V-ST (рис. 1б) применяется для устройства двухслойных гидроизоляционных систем с вакуумным контролем качества для формирования второго гидроизоляционного слоя.

Принцип устройства системы следующий. Из мембран LOGICBASE V-SL и LOGICBASE V-ST формируются гидроизоляционные слои одинакового размера. Рекомендуемая площадь одной карты до 150 м<sup>2</sup>. Далее слои накладываются один на другой, при этом мембрана LOGICBASE V-ST укладывается фактурной стороной к основной гидроизоляционной мембране, после чего слои свариваются между собой по периметру с образованием двухслойной гидроизоляционной карты (рис. 2). Вся гидроизоляция формируется из таких отдельных карт. Далее в мембране LOGICBASE V-ST вырезаются отвер-

стия, обычно по пять на карту, и на них навариваются инъекционные штуцеры с инъекционными трубками, которые выводятся внутрь конструкции.

Для проверки герметичности такой карты из нее выкачивается воздух и измеряется уровень вакуума. Критерием целостности является способность карты сохранять вакуум в течение определенного времени.

Наличие фактурной поверхности у мембраны LOGICBASE V-ST предотвращает слипание двух слоев мембраны при выполнении вакуумного теста и позволяет откачивать воздух из всей гидроизоляционной карты.

#### Прозрачные гидроизоляционные мембраны LOGICBASE V-T и LOGICBASE V-ST-T

В ассортименте компании «ТехноНИКОЛЬ» есть прозрачные гидроизоляционные мембраны – аналоги описанных выше основной и фактурной мембран. Это LOGICBASE V-T (рис. 1в) и LOGICBASE V-ST-T.

Применение прозрачной мембраны LOGICBASE V-T (рис. 3) для гидроизоляции позволяет контролировать состояние основания, а также визуально контролировать качество сварных швов, что способствует повышению надежности гидроизоляционных систем.

Прозрачная фактурная мембрана LOGICBASE V-ST-T может применяться в двухслойных системах совместно как с прозрачной мембраной LOGICBASE V-T, так и с мембраной с сигнальным слоем LOGICBASE V-SL. Применение прозрачной фактурной мембраны позволяет визуально отслеживать качество сварных швов, а также упрощает поиск негерметичных участков швов, наличие которых было выявлено в ходе вакуумного теста.

#### Защитная мембрана LOGICBASE V-PT

Традиционно для защиты гидроизоляции применяется геотекстиль плотностью 500 г/м<sup>2</sup> и полиэтиленовая пленка 200 мкм. Другой вариант защиты гидроизоляции – это использование специальных полимерных мембран. Компания «ТехноНИКОЛЬ» производит защитные ПВХ мембраны – неармированную LOGICBASE V-PT (рис. 1г) и армированную стекловолокном LOGICBASE V-PT-GR, обладающую повышенной устойчивостью к проколу.



Применение защитных мембран обладает рядом преимуществ: это хорошие защитные свойства; удобство монтажа (крепление к гидроизоляционной мембране происходит путем точечной приварки по всей площади); снижение расхода ремонтного инъекционного состава в случае проведения ремонта (ремонтное инъектирование происходит в пространство между гидроизоляционной и защитной мембранами).

Особенно оправдано применение защитных мембран в гидроизоляционных системах тоннелей, строящихся закрытым способом (рис. 4). Это единственный вид защиты, который можно качественно применить на своде тоннеля. Вопрос крепления защитной мембраны на своде легко решается путем точечной приварки к основной мембране по всей площади. В то же время крепление других защитных материалов на своде представляется затруднительным.

### Гидроизоляционные мембраны на основе термопластичных полиолефинов (ТПО)

Для гидроизоляции подземных сооружений применяются также мембраны на основе термопластичных полиолефинов (ТПО).

По сравнению с ПВХ мембранами ТПО мембраны обладают лучшей стойкостью к некоторым химическим веществам, в том числе к битумосодержащим материалам. Кроме этого свойства ТПО мембран меньше изменяются при низких температурах. Это, в некоторых случаях, делает применение ТПО мембран более предпочтительным.

Компания «ТехноНИКОЛЬ» производит мембраны ТПО для подземной гидроизоляции. Это основная гидроизоляционная мембрана LOGICBASE P-SL, фактурная мембрана LOGICBASE P-ST и защитная мембрана LOGICBASE P-PT.

Гидроизоляционная мембрана LOGICBASE P-SL – это неармированный материал с сигнальным слоем, изготовленный экструзионным способом. Эта мембрана применяется в качестве основного гидроизоляционного слоя в гидроизоляционных системах.

LOGICBASE P-ST используется в качестве второго слоя при устройстве двухслойных гидроизоляционных систем на основе ТПО.

Защитный материал LOGICBASE P-PT – это неармированная ТПО мембрана, надежно защищающая основной гидроизоляционный слой от механических повреждений в процессе монтажа гидроизоляции и при проведении смежных строительных работ.

Таким образом, широкий выбор полимерных гидроизоляционных мембран позволяет предлагать оптимальные надежные варианты решений для подземной гидроизоляции с учетом условий строительства и эксплуатации здания, а также требований заказчика.



Рис. 3. Гидроизоляционная система, выполненная из прозрачной мембраны LOGICBASE V-T



Рис. 4. Применение защитной мембраны LOGICBASE V-PT в гидроизоляционной системе тоннеля:  
1 – бетонная крепь; 2 – геотекстиль; 3 – ПВХ мембрана LOGICBASE V-SL; 4 – ПВХ мембрана LOGICBASE V-PT; 5 – вторичная обделка

### Ключевые слова

Полимерные гидроизоляционные мембраны, гидроизоляционные системы, мембраны LOGICBASE, гидроизоляция тоннелей.

*Polymeric waterproofing membranes, waterproofing systems, LOGICBASE membranes, waterproofing of tunnels.*

### Список литературы

1. *A conceptual design for underwater installa-*

*tion of geomembrane systems on concrete hydraulic Structures. Technical report REMR-CS-50, September 1995. J. Chris Christensen, Matibew A. Marcy, Oceaneering Technologies, Inc. Alberto M. Scuero, Gabriella L. Vaschetti, SIBELON USA Inc.*

### Для связи с автором

Чубинишвили Александр Теймуразович  
chubinishvili@tn.ru



# ВETERАНЫ И МОЛОДЕЖЬ – СВЯЗЬ ПОКОЛЕНИЙ

**П. И. Грибов**, председатель Совета ветеранов АО «Трансинжстрой»

**В** нашей стране забота о ветеранах, об их социальном благополучии является одной из основных задач государственной политики. Органы государственной власти постоянно на высоком уровне поддерживают и расширяют диалог с ветеранами. Ни одна значимая политическая, гражданская акция в стране не проходит без участия ветеранов.

Доблесть и беззаветное служение Родине, проявленные ветеранами в молодые годы, и их активная жизненная позиция в нынешнее время служат ярким примером для подрастающего поколения.

В акционерном обществе «Трансинжстрой» в последние годы активизировалась работа, проводимая с ветеранами. По совместному решению Совета директоров, руководства и профсоюзной организации АО «Трансинжстрой» в мае 2013 г. был сформирован Совет ветеранов как орган общественной самостоятельности. В Совет вошли семь ветеранов: Б. А. Бахарев, Н. Н. Бычков, З. Г. Васильева, П. И. Грибов, Н. А. Козлов, Н. В. Чистова и В. М. Яблоновский. Тогда же было утверждено Положение о Совете ветеранов. В филиалах АО «Трансинжстрой» для постоянной связи с ветеранами выделили представителей ветеранов (по одному в каждом филиале), которые, с их согласия, на общественных началах участвуют в организации и проведении работы с ветеранами.

Советом ветеранов совместно с представителями ветеранов в филиалах были подготовлены списки всех ветеранов, в том числе работающих и находящихся на пенсии настоящих и бывших работников организации, имеющих соответствующее удостове-

ние ветерана, выданное в установленном порядке. Всего в списках АО «Трансинжстрой» 1400 ветеранов, в том числе:

- ветеранов Великой Отечественной войны – 85 человек, из них 20 участников ВОВ, 58 тружеников тыла и 7 узников концлагерей;
- ветеранов боевых действий – 62 человека;
- ветеранов военной службы – 19 человек;
- ветеранов труда – 1234 человека.

Ветераны привлекаются к подготовке и проведению мероприятий, связанных со значимыми датами, участвуют в праздничных мероприятиях коллектива, посвященных Дню Победы, Дню защитника Отечества, Дню строителя и др. Ветеранами основан шахматный клуб, руководит которым Подъяпольский Вячеслав Михайлович. Проводятся соревнования между ветеранами по шахматам и бильярду с вручением призов, в том числе в денежном выражении. Создана и функционирует Группа здоровья, занятия в которой ведет преподаватель – хореограф Каунова Диана Игоревна. Участники Группы здоровья регулярно посещают бассейн. Профсоюзная организация АО «Трансинжстрой» оплачивает услуги преподавателя Группы здоровья, а также обслуживание ветеранов при пользовании бассейном.

Руководством АО «Трансинжстрой» осуществляется награждение и чествование ветеранов в связи с их юбилейными датами со дня рождения, оказывается материальная помощь остро нуждающимся, адресная социальная поддержка ветеранам ВОВ и ветеранам, находящимся на пенсии.

Так, только в этом году в честь 70-летия Победы в Великой Отечественной войне ве-

Уровень цивилизованности общества определяется отношением к старикам и детям.

теранам ВОВ в количестве 85 человек была оказана адресная социальная поддержка в сумме 10 тыс. руб. каждому и проведена торжественная встреча 7 мая 2015 г., на которой ветеранов поздравил генеральный директор АО «Трансинжстрой» Гончаров Анатолий Алексеевич, для ветеранов были накрыты праздничные столы, дан концерт.

К профессиональному празднику – Дню строителя и к памятной дате – Дню пожилых людей была оказана адресная социальная поддержка ветеранам, находящимся на пенсии, в количестве 77 человек.

В Положении о корпоративном празднике «День Трансинжстроя» и корпоративных наградах, утвержденном в соответствии с решением Совета директоров, предусмотрено корпоративное почетное звание «Ветеран Трансинжстроя», которое присваивается приказом генерального директора лучшим работникам организации, имеющим стаж работы в организации не менее 20 лет (с учетом стажа работы в организациях, на базе которых создано АО «Трансинжстрой») при их увольнении в связи с уходом на пенсию. Работникам, удостоенным этого почетного звания, вручается удостоверение и нагрудный знак установленного образца, а также по решению руководства выплачивается единовременное денежное поощрение.

На данный момент корпоративное почетное звание «Ветеран Трансинжстроя» присвоено 32 работникам организации. В том числе: Бахареву Борису Анатольевичу – бывшему начальнику СМУ-154, Бартеневу Валентину Игнатовичу – бывшему начальнику БКС, Вуколову Александру Дмитриевичу – бывшему начальнику СМУ-155, Грыжиной

Заседание Совета ветеранов в культурно-спортивном центре Трансинжстроя «Мечта» г. Одинцово



Встреча ветеранов СМУ-154 с молодыми работниками. В центре ветераны: Б. А. Бахарев, И. Г. Галаев, Ю. А. Чекмарёв





Торжественная встреча ветеранов, посвященная Дню Победы, в КСЦ «Мечта»



КСЦ «Мечта». Ветераны танцуют и вспоминают свои молодые годы...

Марии Григорьевне – бывшей электросварщице СМУ-158, Емельяненко Дмитрию Никитовичу – бывшему главному маркшейдеру СМУ-152, Елгаеву Сергею Григорьевичу – бывшему генеральному директору АО «Трансинжстрой», Логинову Евгению Владимировичу – бывшему главному инженеру АО «Трансинжстрой» и другим.

В организации созданы условия для развития и расширения общественной деятельности ветеранов по воспитанию, повышению профессионального уровня молодых работников и передачи им своего жизненного опыта.

В этом году по предложению руководства АО «Трансинжстрой», Совета ветеранов и профсоюзной организации представители ветеранов в филиалах совместно с руководством и профсоюзными работниками филиалов организуют и проводят встречи ветеранов с молодыми работниками.

Так, в апреле 2015 г. в СМУ-154 была проведена встреча ветеранов с молодыми строителями метро и тоннелей. Во встрече приняли участие ветераны, которые своим многолетним, добросовестным трудом внесли значительный вклад в создание, развитие и укрепление АО «Трансинжстрой». Это ветераны: Чекмарев Юрий Александрович – начал свою трудовую деятельность в коллективе АО «Трансинжстрой» 1 июня 1955 г. и в числе первых инженеров-строителей участвовал в создании организации ныне АО «Трансинжстрой» и ее структурных подразделений; Бахарев Борис Анатольевич – работал горным мастером, начальником участка, главным инженером, начальником СМУ-154; Галаев Иван Григорьевич – работал начальником участка, начальником механического цеха.

Ветераны рассказали о том, как создавалась наша организация, о наборе рабочих из числа демобилизованных пограничников и обучении их строительным профессиям, о строительстве сложных инженерных сооружений на территории нашей страны, в том числе о строительстве тоннелей и станций Московского метрополитена, о создании промышленно-производственной базы нашей организации, о возведении жилых домов в г. Одинцово для своих работников и о многом другом.

Рассказы ветеранов о создании организации и ее трудовых достижениях были очень интересными, познавательными, и молодые строители с большим вниманием слушали их, задавали вопросы, обменивались впечатлениями. По окончании встречи было организовано фотографирование всех участников.

Есть уверенность в том, что такие встречи будут проведены во всех филиалах АО «Трансинжстрой». Ветеранам есть о чем рассказать молодежи. В том числе, участники боевых действий могут рассказать об эпизодах сражений, которые невозможно забыть, труженики тыла – о том, как ковалась победа в тылу – «Все для фронта! Все для победы!», ветераны-узники концлагерей – о невыносимых условиях существования в концлагерях. Все это необходимо, чтобы молодое поколение знало правду о самой жестокой и страшной войне прошлого века, победу в которой одержал наш народ, наши ветераны. Также ветераны могут рассказать о своих трудовых успехах за годы работы в АО «Трансинжстрой».

Коллективом АО «Трансинжстрой» восстановлен памятник павшим воинам в Великой Отечественной войне в Наро-Фоминском районе Подмосковья.

За достигнутые успехи в строительстве уникальных объектов, имеющих большое государственное значение, АО «Трансинжстрой» было награждено орденом Ленина и орденом Трудового Красного Знамени. Коллектив организации, в том числе ветеранов, тепло поздравил президент Российской Федерации, а Правительство Российской Федерации наградило коллектив АО «Трансинжстрой» Почетной грамотой за значительный вклад в создание транспортных инженерных сооружений, строительство тоннелей и метрополитенов.

Во всех успехах и достижениях организации огромная заслуга многоопытных руководителей разного уровня: Н. К. Кра-



Ветераны на занятиях в Группе здоровья в КСЦ «Мечта». Преподаватель – хореограф Каунова Диана Игоревна

евского, М. А. Самодурова, Ю. Е. Власова, П. С. Бурцева, Ю. П. Рахманинова, В. Г. Милова, С. Г. Елгаева; начальников подразделений: Н. Д. Данелия, И. В. Луцина, В. И. Ратина, С. А. Титова, М. Г. Ломоносова, Л. П. Дьякова, А. С. Чеснокова, М. З. Замалдинова, Э. Г. Мамаладзе, Б. А. Бахарева, А. Д. Вуколова, В. С. Троянского, В. Н. Осколкова, В. Ф. Рябцева, Г. В. Еркалова, А. Н. Горбунова, Н. Н. Бычкова, И. А. Зинковского, В. И. Тюньоника, А. В. Данилина, Г. П. Крылова, В. Г. Рудакова, В. П. Тимошенко, В. И. Бартенева; рабочих, удостоенных звания Героя Социалистического труда: Ю. П. Мурзина, П. А. Самсонова, В. И. Ларичева, М. П. Соловьева, Я. С. Галицкого. Более 5 тыс. работников награждены государственными наградами, более 800 работников удостоены ведомственных наград и почетных званий.

В настоящее время проявляют активное участие в работе с ветеранами члены Совета ветеранов: Н. Н. Бычков, Б. А. Бахарев, Н. В. Чистова, З. Г. Васильева; представители ветеранов в филиалах: А. В. Жирнов, В. М. Подъяпольский, В. Ф. Веселков, С. М. Муравьев.

Совет ветеранов желает всем ветеранам АО «Трансинжстрой» крепкого здоровья, мира, счастья и спокойной старости. Спасибо вам, дорогие ветераны, за ратные и трудовые подвиги, за ваше активное участие в передаче своего жизненного опыта молодому поколению.



## ВЕНИАМИН ЛЬВОВИЧ МАКОВСКИЙ (К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

В декабре 2015 г. исполнилось 110 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора, лауреата Государственной премии СССР Вениамина Львовича Маковского.



Один из пионеров отечественного метроостроения, известный ученый и педагог, основатель научной школы В. Л. Маковский около 60 лет своей жизни посвятил науке и практике метро- и тоннелестроения.

Окончив в 1928 г. Ленинградский институт инженеров путей сообщения, он работал на строительстве портовых сооружений во Владивостоке, а с 1931 г. активно участвовал в проектировании и строительстве первого в нашей стране Московского метрополитена

сначала в должности старшего инженера Бюро подземных сооружений Метростроя, а с 1933 по 1953 г. – начальника отдела основных работ, начальника технического отдела и главного инженера проекта института Метропроект (ныне Метрогипротранс).

В. Л. Маковский явился инициатором строительства тоннелей первой очереди Московского метрополитена на глубоком заложении, а также внедрения щитового способа проходки тоннелей, за что в 1947 г. в составе группы специалистов был награжден Государственной премией СССР. В 1933 г. был командирован в Англию, Бельгию, Германию и Францию с целью изучения современной техники метростроения.

В период с 1938 по 1941 г. совмещал работу в Метропроекте с преподаванием курса тоннелей и метрополитенов в Московском институте инженеров транспорта.

В годы Великой Отечественной войны В. Л. Маковский участвовал в восстановлении разрушенного Каунасского тоннеля на третьем Белорусском фронте.

В 1946 г. Вениамин Львович защитил докторскую диссертацию по проблемам герметической щитовой проходки в неустойчивых водонасыщенных грунтах.

В 1954 г. Л. В. Маковский перешел на работу во Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИС), где на протяжении почти 30 лет

возглавлял Лабораторию сооружения тоннелей и метрополитенов.

Здесь профессор Маковский организовал важные научные исследования, воспитал большую группу ученых – кандидатов и докторов наук, создал оригинальную научную школу, труды и достижения которой сформировали высокий авторитет ЦНИИСовских метро- и тоннелестроителей, востребованных до настоящего времени.

На начальном этапе работы в институте В. Л. Маковский сосредоточил усилия на решении проблемы сооружения тоннелей в неустойчивых породах на большой глубине и при большом гидростатическом давлении применительно к сложным условиям Фрунзенского радиуса Московского метрополитена и крупных подводных тоннелей. Для этой цели в ЦНИИСе были созданы специализированные стенды. В. Л. Маковский активно участвовал в исследованиях, связанных с организацией и комплексной механизацией тоннельных работ. По его инициативе был создан тьюбинговый стенд для проведения опытных работ. Велась разработка Технических условий на бетонные и железобетонные работы при строительстве метрополитена.

В дальнейшем были проведены лабораторные эксперименты на малом стенде с применением моделей щитов в масштабе 1:20 и испытания прототипа герметического щита в масштабе 1:3 на большом стенде, ко-

С Героем Социалистического Труда Т. В. Федоровой и проектировщиками и строителями Московского метрополитена



торый представлял собою почти точную копию перегонного щита. Уникальные испытания прототипа герметического щита в 1965–1967 гг. подтвердили возможность безосадочной проходки на всем протяжении камеры стенда, без просачивания воды в щит и создаваемый тоннель без использования сжатого воздуха. Тем самым были продемонстрированы работоспособность конструктивной схемы и надежность гидравлического пригруза. Проведенный комплекс испытаний показал эффективность и обоснованность конструкции исследованного щитового агрегата, успешно работающего в смешанных и неустойчивых грунтовых напластованиях, повсеместно распространенных при строительстве тоннелей метрополитенов.

Опытные образцы получивших в последнее время приоритет механизированных щитов с роторными рабочими органами и гидро- или грунтового пригруза появились в середине 1960-х гг., через несколько лет после превосходивших их экспериментальных исследований на малом стенде, выполненных под руководством В. Л. Маковского и доказавших возможность стабилизации водонасыщенного неустойчивого забоя гидравлическим пригрузом.

Период работы В. Л. Маковского в ЦНИИСе с 1954 по 1985 гг. стал исключительно плодотворным для него, поскольку удалось воплотить в жизнь многие замыслы. Как официальный и идейный руководитель лаборатории «Сооружение тоннелей и метрополитенов» он формировал планы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и непосредственно возглавлял многие темы. Под его руководством осуществлены и внедрены в производство бескассонная герметическая проходка тоннелей; механизированный проходческий щит с выдвигаемыми горизонтальными площадками и челюстными механизмами (щит ЩМ-17); новая технология сооружения перегонных тоннелей метрополитенов с монолитно-прессованной бетонной обделкой; способ возведения обжатой обделки из железобетонных блоков в неустойчивых песчаных грунтах; самодвижущаяся крепь и проходческий щит для восстановления горных тоннелей на ее базе; технологии и оборудование для продавливания тоннелей.

Под руководством Вениамина Львовича выполнялись сложные исследования на плоских и пространственных моделях станций метрополитена и горных транспортных тоннелей (метод эквивалентных материалов, поляризационно-оптический метод).

Работа В. Л. Маковского на стройках, в проектных организациях, в ЦНИИСе, глубокие теоретические исследования на высоком научном уровне послужили основой для получения фундаментальных результатов в области тоннеле- и метростроения в нашей стране.

Вокруг Вениамина Львовича в его лаборатории, в отделении Тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа сформировался работоспособный творческий коллектив учеников, единомышленников, коллег. Влияние В. Л. Маков-



С сотрудниками лаборатории в ЦНИИСе (второй слева проф. Е.А. Демешко)



Тоннельщики ЦНИИСа (1960-е годы). В первом ряду в центре – В.Л. Маковский

ского на их профессиональную жизнь, достижения и успехи несомненно.

В. Л. Маковский – автор более 250 печатных трудов, в числе которых фундаментальные монографии «Тоннели. Проектирование и строительство» (96 п. л.), «Сооружение тоннелей и метрополитенов» (25 п. л.), «Подводное тоннелестроение» (13 п. л.), статьи в Большой Советской и Горной энциклопедиях, 12 авторских свидетельств на изобретения.

В. Л. Маковский создал школу тоннельщиков, многие из которых впоследствии стали крупными учеными, педагогами, строителями и проектировщиками подземных сооружений. Под его научным руководством выполнили и защитили кандидатские диссертации 16 чел. и докторские – 4 чел.

На протяжении многих лет В. Л. Маковский состоял членом Ученых советов ЦНИИС, Московского горного института, Московского автомобильно-дорожного института, членом секции транспортных сооружений научнотехнического совета Госстроя СССР, членом пленума техсовета Минтрансстроя, членом редакционных коллегий реферативного журнала «Транс-

порт» ВИНТИ АН СССР, журнала «Метрострой», экспертом Госплана СССР.

За выдающиеся заслуги в развитии отечественного метро- и тоннелестроения и подготовку научно-педагогических кадров В. Л. Маковский награжден тремя орденами, семью медалями и знаком «Почетный железнодорожник».

Вениамин Львович был человеком высокой культуры, подлинной интеллигентности, большого личного обаяния и исключительной скромности. Широкая эрудиция в области тоннелестроения сочеталась в нем со знанием нескольких иностранных языков, с любовью к музыке, живописи, литературе.

С именем В. Л. Маковского связана целая эпоха в области подземного строительства, в деле подготовки и воспитания квалифицированных специалистов и научных работников. Жизнь Вениамина Львовича является примером честного и беззаветного служения избранному делу во имя процветания отечественного метро- и тоннелестроения.

Подготовил В. Е. Меркин



# КАК МЫ СНИМАЛИ КИНО

## (ВОСПОМИНАНИЯ СТРОИТЕЛЯ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА ОБ УЧАСТИИ В СЪЕМКЕ ИЗВЕСТНОГО ФИЛЬМА)

**В. З. Коган**, Тоннельная ассоциация России

**Н**едавно страна отмечала юбилеи двух замечательных кинорежиссеров: 85-летие Георгия Николаевича Данелии и 70-летие Никиты Сергеевича Михалкова. Ниже станет ясно, почему я свел рядом эти фамилии.

...Уже около двух лет я работал механиком участка на строительстве метро. После сдачи Калужского радиуса меня напра-

вовское шоссе, став головной частью Волгоградского проспекта.

Однажды Черненко объявил: «В следующую субботу (а может, в воскресенье – забыл) у нас на шахте будут снимать кино. Режиссёр – Данелия, сын Данелии». «Какого Данелии?» Николай Дмитриевич Данелия был легендарной личностью. Главный механик нашего СМУ-8 Михаил Семёнович Гришин частенько рассказывал нам о Николае Дмитриевиче, под началом которого он работал перед войной. Один из первых строителей метро, инженер-путеец Н. Д. Данелия работал одно время главным инженером Московского метрополитена, а в мои годы – начальником одного из строительных управлений нашего Главка.

Обычно суббота и воскресенье были для проходчиков нерабочими днями. В эти, так называемые, «ремонтные» дни на шахте всецело хозяйничали слесаря и электрики, приводя в порядок оборудование и наращивая коммуникации в тоннеле – электрические кабели и трубопроводы воды, сжатого воздуха и водоотлива. Я, как обычно, был в воскресные дни старшим на площадке.

В субботу, о которой мой рассказ, в первую очередь было необходимо обеспечить съёмочную группу электроэнергией для подключения осветительных приборов, доставить съёмочное оборудование в забой и обратно, ну и, конечно, смотреть, чтобы никто из гостей, не приведи Господь, не травмировался.

Нам объявили, что участие в съёмках будет оплачено, поэтому с тем большим энтузиазмом люди вышли на работу в субботний день. И, конечно, бригада проходчиков. Поскольку снимать должны были непосредственно рабочий момент проходки тоннеля.

Бригада Василия Ивановича Голубева пришла в забой и, не обращая внимания на съёмочную группу, приступила к проходке. Расчёт был прост: помимо оплаты за участие в массовке, бригада получит, в обычном порядке, оплату за проходку нескольких метров тоннеля. В дальнейшем во время съёмки мне приходилось несколько раз разругивать ситуации, когда проходчики с трудом отрывались от работы на время перестановки осветительных софитов или съёмочной камеры. Перед началом съёмки я вышел за ограду шахты проверить что-то на расположенной поодаль вентиляционной скважине. Подходя к проходной, увидел на земле ре-



Обложка фильма «Я шагаю по Москве»

вели на участок, возглавляемый Евгением Антоновичем Черненко – кадровым метростроителем и, как позже выяснилось, одним из первых, ещё довоенных, бамовцев.

Строили мы станцию «Остаповское шоссе» с прилегающими перегонами, и распо-



Главный герой на верхней площадке щита

ложена она была как раз напротив Микояновского мясокомбината и по другую сторону шоссе. К моменту пуска линии станция стала именоваться «Волгоградский проспект». Ушло в историю и Оста-

жиссёра. Сидя на кожаной куртке, он с откровенным видом курил.

- Простите, Георгий Николаевич, что вы здесь делаете? Чем могу помочь?

- Видите ли, я толком не знаю, что буду снимать. Сижу вот, думаю...

...Актер и чтец Всеволод Аксёнов рассказывал: бывает, грузинские режиссеры, начиная фильм, толком не знают, что будут снимать и импровизируют по ходу съёмки, случается, и гениально. Не берусь судить, можно ли причислить Георгия Данелия к грузинской школе кинематографа, но что-то, вероятно, всё-таки есть. Позже прочитал, что он в близком родстве с известными деятелями грузинской культуры: Верико Анджапаридзе, Михаилом и Софиико Чаурули.

Я в своё время очень увлекался фотографией, читал специальную литературу и имел понятие о построении кадра.

- Не сочтите за нескромность, но у меня есть пара предложений.

- Слушаю вас внимательно, – с любопытством посмотрел он на меня.

- Как я понимаю, вы должны показать вашего героя на рабочем месте. Лучше всего это сделать непосредственно на проходческом щите, в забое. Там очень тесно и единственное место, где вы сможете достаточно комфортно поместить камеру – это место машиниста блокоукладчика. Так вот, героя вашего следует поместить на верхнюю площадку щита, где он будет орудовать лопатой, стоя спиной к камере. Затем он оборачивается к камере лицом и, опираясь на ограждение площадки, что-то кричит вниз машинисту погрузочной машины. Например: «Грузи!» Здесь вы даёте его крупный план. А саму бригаду вы можете снять прямо в тоннеле перед стационарной камерой, когда люди выходят из тоннеля на поверхность и идут гуськом по шпалам.

...Даже мне бросилась в глаза необыкновенная мужская красота оператора Вадима Юсова. Юсов поднял на рабочее место машиниста блокоукладчика съёмочную камеру и повесил её к арке на светлых резиновых ремнях. Такие ремни были в большом ходу у тогдашних культуристов и считались редкостью. Установил совершенно необыкновенный объектив. Увидев мой любопытный взгляд, несколько горделиво назвал его «рыбий глаз». Я понял, что это какой-то «крутой» (так тогда не говорили) широкоугольник.

Таким образом, верхняя площадка щита, где находился главный герой – Никита Михалков, была в двух – двух с половиной метрах от объектива камеры.

...Началась съёмка. Машинист Вася Черных взялся за рычаги, взревела погрузочная машина, и проходчики занялись привычным делом, не обращая внимания на киношников.

В какой-то момент Женька-нагнетальщик (забыл его фамилию) снял шланг це-

мент-пушки и, о ужас! Я схватился за голову. Брызги цементного раствора попали на объектив камеры. Не помню, что делал Юсов дальше.

Начальник смены Володя Усенко стоял в портале блокоукладчика образца 50-х годов, если не ранее. Приобнявши чуть ниже талии администратора фильма Аллочку, он вдохновенно шептал ей на ухо: «А это – блокоукладчик. Предназначен для монта-



**Георгий Данелия и Никита Михалков**

жа крепи тоннеля. Конструкцию его только недавно рассекретили». Она, раскрыв рот, пыталась понять, куда попала. Я понял, что прежде всего, – под обаяние брутального Усенки.

Никита Михалков почему-то совсем не запомнился. Запомнился «тонкий звонкий» Женя Стеблов в белой рубашке с короткими рукавами. Запомнился мертвенной бледностью и стриженной наголо головой.

...Оба моих совета были в точности реализованы Данелия.

На фоне «прохода бригады» идут вступительные титры фильма. Особенно заметна импозантная фигура богатыря Володи Усенко. Рядом с ним мелькает моя бледная тень.

...Смутно вспоминается, что мы куда-то ездили получать обещанные за участие в съёмке деньги. Не помню сколько, но это была однозначная цифра.

Во многих последующих фильмах Данелия – «Осенний марафон», «Настя», «Орёл и решка» – в той или другой степени присутствует метрополитен. Ну, а инопланетный подземный торговый центр из фильма «Кин-Дза-Дза», опять же, снимали в строящемся тоннеле Московского метро.



(495) 226-18-37  
(342) 219-61-56  
info@anker-system.ru



АНКЕРНЫЕ  
СИСТЕМЫ

# ВИНТОВЫЕ анкеры АТЛАНТ



Применение:

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



[www.anker-system.ru](http://www.anker-system.ru)

реклама

Физико-механические свойства винтовых анкерных штанг Атлант проверены и подтверждены протоколом испытаний ИЦ "МЕТАЛТЕСТ" ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина" (г. Москва)