

Журнал
Тоннельной ассоциации России

Председатель редакционной коллегии

С. Г. Елгаев, доктор техн. наук

Зам. председателя редакционной коллегии

В. М. Абрамсон, канд. эконом. 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. эконом. наук
Н. Н. Бычков, доктор техн. наук
С. А. Жуков
А. М. Земельман
Б. А. Картозия, доктор техн. наук
Е. Н. Курбачкий, 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. Шепитько, доктор техн. наук
Е. В. Цецкудов, канд. техн. наук

Тоннельная ассоциация России

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

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71
127521, Москва,

ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,
оф. 4206

e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Компьютерный дизайн и вёрстка

С. А. Славин

Фотограф

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

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

№ 2 2015

ОАО «Трансинжстрой» – 60

Зрелый возраст. ОАО «Трансинжстрой» исполнилось 60 лет 3

А. А. Гончаров

Строительно-монтажное управление № 154 6

К. С. Елгаев, И. В. Конопко

Строительно-монтажное управление № 155 8

Д. А. Старцев, М. М. Казьмин

Строительно-монтажное управление № 158 10

В. И. Грибов

Строительно-монтажное управление № 162 12

М. А. Потапов, Е. В. Потапова

Бюро комплексного проектирования 14

Н. Ф. Стариченко, Т. М. Плотникова

Международное сотрудничество

Подземная инфраструктура на службе человечества 18

Сорен Дайн Эскесен

Научное сопровождение

Проблемы качества в тоннеле- и метростроении.

Роль науки в обеспечении высокого уровня качества 21

В. А. Гарбер

Экономика строительства

Технико-экономические резервы строительства

станционных комплексов открытого способа работ 25

В. Р. Гоппе

Метрополитены

Эффективная конструкция виброзащитного

верхнего строения пути метрополитена 28

М. А. Дашевский, В. В. Моторин

Из истории метростроения

Вклад академика Саваренского

в строительство Московского метрополитена 34

Е. М. Пашкин

Новые технологии

Деструктор – альтернатива БВР

при проходке горных выработок 36

Г. Г. Кочарян, М. С. Акимкин, В. И. Куликов

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Перегонный тоннель
от станции «Ломоносовский
проспект» до станции
«Раменки», 2014 г.,
ОАО «Трансинжстрой»



*Генеральному директору ОАО «Трансинжстрой» А. А. Гончарову
Трудовому коллективу и ветеранам ОАО «Трансинжстрой»*

Уважаемые коллеги, дорогие друзья!

Тоннельная ассоциация России сердечно поздравляет вас со знаменательным юбилейным событием – 60-летием организации.

Прошедшие 60 лет были годами напряженного, самоотверженного труда, на протяжении которых достигнуто много крупных трудовых побед.

Построенные вами уникальные транспортные инженерные сооружения характеризуются высоким качеством и современным техническим уровнем. Они эффективно функционируют и надежно служат государству.

Сегодня все ваши силы, знания и опыт направлены на создание новых сооружений, которые, безусловно, будут еще лучше, чем построенные ранее. Ведь сегодня ОАО «Трансинжстрой» – это одна из наиболее квалифицированных и мощных горностроительных организаций страны и процесс ее развития и усиления неуклонно продолжается.

В этот торжественный день желаем вам всем крепкого здоровья, большого счастья в жизни, дальнейших успехов и достижений в труде на благо Отечества.

*Руководитель
Исполнительной дирекции
Тоннельной ассоциации России
С. Г. Елгаев*

*Руководителям Федеральных и региональных органов власти,
государственных и общественных организаций и учреждений,
руководителям и сотрудникам организаций –
членов Тоннельной ассоциации России
и смежных организаций,
членам и ветеранам Тоннельной ассоциации России*

Уважаемые коллеги, дорогие друзья!

Выражаем вам искреннюю благодарность за поздравления с 25-летием Тоннельной ассоциации России, ваши теплые слова и добрые пожелания.

Эти 25 лет были периодом тяжелого, упорного труда и значительных свершений и успехов, которых мы достигли вместе с вами.

Благодаря вашей поддержке и непосредственному участию, нам удалось сохранить отечественную отрасль тоннеле-метростроения, обеспечить ее устойчивое развитие на основе вне-

дрения новейших достижений научно-технического прогресса и занять достойное место в рядах профессионального сообщества на международной арене.

Выражаем твердую уверенность, что мы, все вместе, сможем добиться дальнейших научных и производственных достижений в нашем общем деле.

Желаем вам всем крепкого здоровья, успехов в труде и счастливой личной жизни.

*Президиум правления
Тоннельной ассоциации России*

ЗРЕЛЫЙ ВОЗРАСТ. ОАО «ТРАНСИНЖСТРОЙ» ИСПОЛНИЛОСЬ 60 ЛЕТ



А. А. Гончаров, генеральный директор ОАО «Трансинжстрой», лауреат премии Совета Министров СССР, академик Академии горных наук

Управление строительства 10А (ныне ОАО «Трансинжстрой») было образовано в составе Министерства транспортного строительства СССР 23 мая 1955 г. по постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР, когда в послевоенные годы потребовалось увеличить объемы строительства транспортных, гидротехнических и иных инженерных объектов.

В первый же год существования были созданы ряд строительно-монтажных подразделений, промышленно-производственная база и жилые городки в городе Одинцово с необходимой инфраструктурой, получившие в последующие годы значительное развитие и совершенствование.

Уже в 50–60 годы благодаря самоотверженному труду организацией были построены сложные инженерные сооружения, обладающие принципиально новыми по тому времени техническими характеристиками, в том числе шахтные пусковые установки ракет в сложных климатических и геологических условиях.

Построены ряд железнодорожных, автодорожных и мелиоративных тоннелей, таких как Вахш-Яванский длиной 7,2 км и Оби-Кикский длиной 5,6 км для орошения Яванской долины в Таджикистане, тоннели Большого Ставропольского канала длиной 27,6 км для орошения 220 тыс. га засушливых земель, тоннель для автомобильного движения под Пушкинским перевалом в Армении. Было также построено и реконструировано в разных точках страны большое количество объектов для министерств финансов, связи, энергетики и электрификации, здравоохранения.

Коллектив ОАО «Трансинжстрой» оказывал помощь в пуске 1-й очереди метрополитена в Екатеринбурге, принимал участие в становлении коллективов метростроителей в городах Харькове и Ереване.

В 1986 г. специалисты нашей организации принимали участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

В прошедшие годы для Московского метрополитена были построены: пересадочный узел трех действующих станций «Киевская», ряд станций, около 50 км перегонных тоннелей, участки линии метрополитена от станции «Парк Победы» до станции «Строгино», от станции «Марьино» до станции «Зябликово», а также участок от станции «Новогиреево» до станции «Новокосино».

Коллективом также возведены мемориал «Храм Памяти» на Поклонной горе, станция спутниковой связи «НТВ+» в Останкино, подземное хранилище медиумности Центра медицины катастроф «Защита», реконструирован храм во имя Гребневской иконы Божией Матери в г. Одинцово, восстановлен памятник пав-



Храм во имя Гребневской иконы Божией Матери в г. Одинцово

шим воинам в Великой Отечественной войне в Наро-Фоминском районе Подмосковья. Запроектированы уникальные конструкции железнодорожного и автомобильных тоннелей третьего транспортного кольца на



Президент России В. В. Путин и мэр столицы С. С. Собянин на открытии ст. «Новокосино» в Москве

участке от Андреевского моста до площади Гагарина.

За успешное выполнение плановых заданий и творческий вклад в создание уникальных объектов организация награждена Орденом Ленина и Орденом Трудового Красного Знамени. Пяти работникам присвоено звание Героя Социалистического Труда, свыше 5 тысяч человек награждены орденами и медалями СССР и Российской Федерации, многим присвоены почетные звания лауреатов Ленинской премии, Государственной премии СССР и Российской Федерации, премии Совета Министров СССР,

звания заслуженных строителей, заслуженных экономистов, заслуженных изобретателей, почетных строителей России и почетных строителей города Москвы.

Сегодня ОАО «Трансинжстрой» – многопрофильная организация. В ее составе 11 филиалов, в т. ч. проектное бюро, шесть горнопроходческих управлений, а также обособленные подразделения механизации, автотранспорта, строительного управления и промбаза.

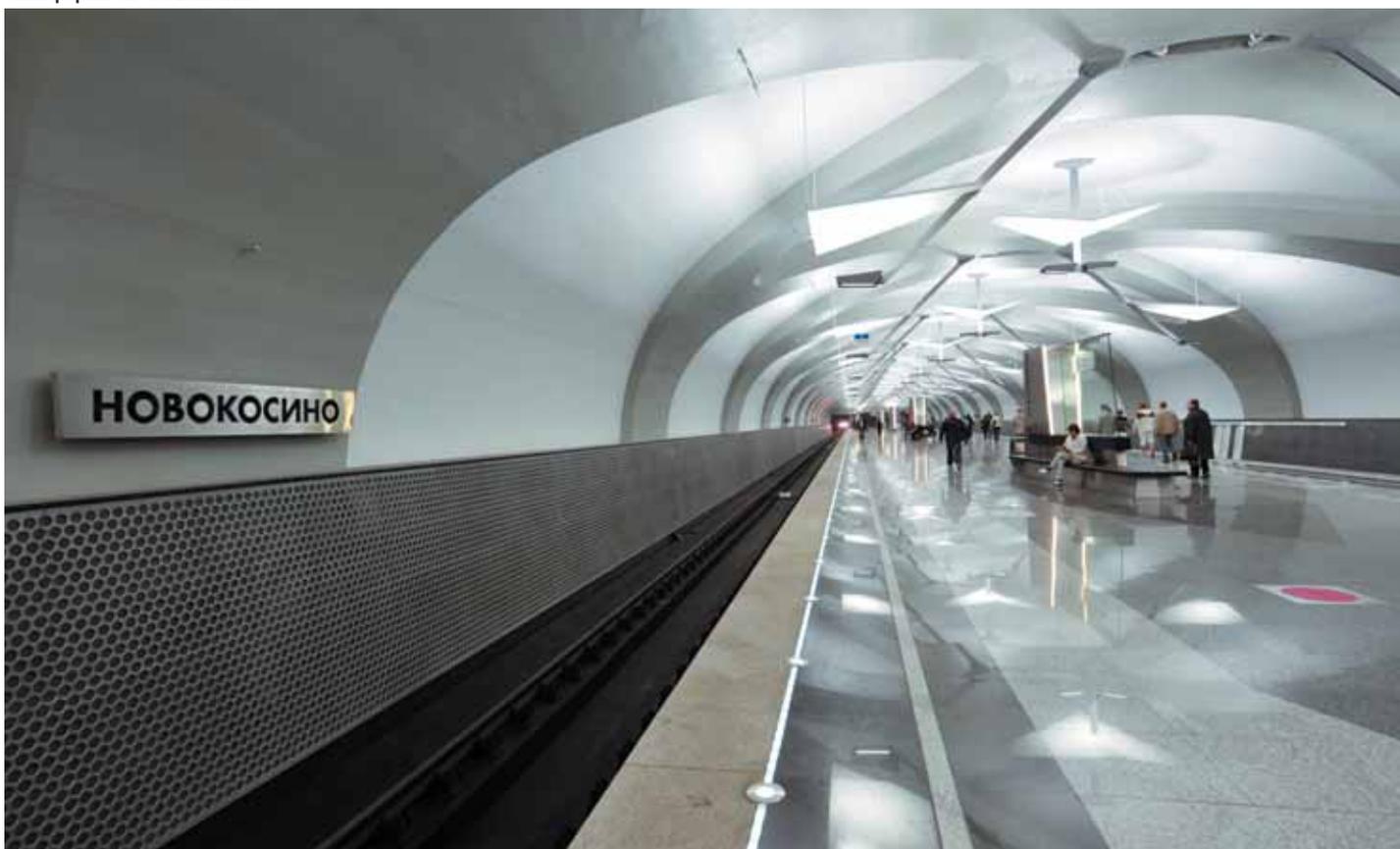
Сегодня ОАО «Трансинжстрой» – многопрофильная организация. В ее составе 11 филиалов, в т. ч. проектное бюро, шесть горнопроходческих управлений, а также обособленные подразделения механизации, автотранспорта, строительного управления и промбаза.

онное управление и промбаза. Эта база включает в себя заводские цеха по выпуску металлоконструкций, ремонту строительных механизмов и оборудования, завод товарного бетона и железобетонных блоков отделки.

Организация обладает всеми необходимыми лицензиями и допусками для выполнения широкого спектра работ.

Благодаря такой структуре и оснащению передовым горнопроходческим оборудованием коллектив успешно справляется со сложным созидательным процессом – про-

Платформа ст. «Новокосино»



ектированием и строительством транспортных и инженерных сооружений метрополитенов, процессом, который особенно в современных условиях ограниченного финансирования требует весьма тщательного подхода к оценке и принятию организационных и технических решений, к созданию условий для разработки и внедрения эффективных методов горнопроходческих, строительных и монтажных работ, для использования достижений современной науки, учета градостроительных, эксплуатационных и других требований.

В настоящее время ОАО «Трансинжстрой» активно участвует в реализации масштабной программы правительства Москвы по развитию Московского метрополитена, ведет строительство участка Калининско-Солнцевской линии от станции «Парк Победы» до станции «Раменки» длиной 7,2 км с тремя станциями.

В последние годы ОАО «Трансинжстрой» взяло курс на реализацию в метростроении современных высоких технологий, связанных с применением проходческого оборудования нового поколения: щитовых тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) с компьютерным управлением производственными операциями с монтажом сборной железобетонной водонепроницаемой обделки нового типа – из высокоточных водонепроницаемых блоков с эластомерными прокладками в стыках. При этом в наибольшей степени реализуется одно из основных требований современного подземного строительства – максимальная сохранность существующей застройки поверхности, подземных инженерных коммуникаций и других сооружений.

С использованием этой техники и технологии при сооружении в 2006–2008 гг. перегонных тоннелей Митинско-Строгинского участка Арбатско-Покровской линии от станции «Парк Победы» до станции «Строгино» была достигнута рекордная для московских инженерно-технологических условий скорость проходки – 704 м готового тоннеля в месяц.

В последние годы на строительстве перегонных тоннелей от станции «Парк Победы» до станции «Раменки» были задействованы одновременно три высокопроизводительных комплекса ТПКМ фирмы «Херренкнехт АГ» с монтажом водонепроницаемой обделки диаметром 6 м из железобетонных блоков, изготавливаемых на собственной базе.

Строительство вертикальных сооружений – шахтных стволов для вентиляции линий метрополитена также освоено по новой технологической схеме методом опускной крепи с использованием стволопроходческого механизированного комплекса. Такая технология позволяет более чем в два раза сократить сроки строительства и довести до минимума количество работающих. Все работы ведутся с поверхности без присутствия в призабой-



Строительство станции «Строгино»



Центр медицины катастроф «Защита»

ной зоне рабочего персонала, что способствует улучшению условий труда и повышению безопасности, без вредного влияния на экологическую обстановку окружающей среды и состояние грунтового массива. По этой технологии пройдены три ствола глубиной до 60 м на Калининско-Солнцевской линии.

Организация находится на подъеме, имеет мощную производственную базу, обладает всеми необходимыми производственными, техническими и людскими ресурсами для качественного проектирования и строительства транспортных и инженерных сооружений, объектов жилищного и социального назначения.

Всю эту работу делают обыкновенные люди, являющиеся главным достоинством нашего акционерного общества. Забота о них была и остается приоритетным направлением деятельности администрации, профсоюзного комитета и Совета ветеранов.

В канун нашего шестидесятилетия мы с благодарностью вспоминаем многоопытных руководителей Управления 10А, а ныне ОАО «Трансинжстрой», внесших большой вклад в становление и развитие нашей организации: Н. К. Краевского, М. А. Самодурова, Ю. Е. Власова, П. С. Бурцева, Ю. П. Рахманинова, В. Г. Милова и С. Г. Елгаева, а также высокопрофессиональных организаторов производства и воспитателей производственных кадров – руководителей подразделений, поименовать которых не позволяет размер настоящего текста.

Отмечая шестидесятилетие нашей организации, мы с гордостью можем отметить наши трудовые успехи, большой вклад в развитие научно-технического прогресса в области подземного строительства и выразить уверенность в том, что наш опыт и в дальнейшем будет успешно использоваться при все возрастающей потребности освоения подземного пространства мегаполисов.



СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОЕ УПРАВЛЕНИЕ № 154

К. С. Елгаев, начальник СМУ-154 ОАО «Трансинжстрой»
И. В. Конопко, начальник ПТО СМУ-154 ОАО «Трансинжстрой»

В мае 2015 г. юбилей отмечает строительно-монтажное управление № 154 ОАО «Трансинжстрой». Свой 60-летний рубеж СМУ встречает обогащенным многолетним опытом строительства уникальных сооружений метро и других инженерных объектов.

Своевременная и досрочная сдача объектов с высоким качеством стали традицией благодаря применению последних технологических разработок и современных подходов к организации труда, ответственности за порученное дело.

На протяжении всего периода со времени своего основания СМУ-154 ОАО «Трансинжстрой» постоянно расширяло географию своей деятельности. В прошлые годы Управлением было построено и сдано в эксплуатацию множество объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства на территории различных регионов России.

В Екатеринбурге Управление участвовало в строительстве первой очереди местного метро. На Кубани для нужд сельского населения помогало сооружению специального гидротехнического тоннеля, предусмотренного в составе Большого Ставропольского канала.

Значимость метро для города особенно остро проявилась в новейшей истории России. Развитие предпринимательства, возросшие темпы жизни, повышение благосостояния жителей мегаполиса привели, как неизбежное следствие, к пробле-

мам транспортной инфраструктуры города. Однако активное строительство метро, как безусловное решение вопроса для миллионов москвичей, возобновилось лишь в конце 90-х гг. прошлого века.

Так, при участии Управления были построены станции «Чкаловская», «Дубровка» и другие. Возведение одной из двух станций «Парк Победы» было поручено нашему СМУ. Символичный и давно ожидаемый комплекс станций был торжественно открыт в 2003 г. Следующим этапом стало строительство станции «Кунцевская». В работе на этом участке метро реализованы новаторские проекты, ранее не применявшиеся в Москве.

Так, при строительстве станции «Кунцевская» впервые в истории Московского метрополитена возведение наземной станции от начала и до конца происходило без перекрытия движения по Филевской линии. Новая станция «Кунцевская» Арбатско-Покровской линии стала двухэтажной. Благодаря использованию большегрузных кранов, четкой и слаженной организации стала возможной работа на расстоянии всего одного метра от движущихся поездов. В тех же условиях была реконструирована и платформа соседней станции – «Кунцевской» Филевской линии, а также выполнено строительство двух переходов между этими станциями. На вновь возведенной станции впервые в Московском метрополитене были предусмотрены и выпол-

нены лифты для людей с ограниченными возможностями. Это, без сомнения, знаковое событие для столичного метрополитена. Строительство станции «Кунцевская» стало частью большой работы по выводу Московского метро к району Митино, жители с востока столицы впервые получили возможность беспересадочной поездки на противоположный конец Москвы – в Крылатское и Строгино. Решена значительная проблема транспортного обеспечения Волоколамского направления – одного из самых загруженных в городе. При строительстве правого перегонного тоннеля между станциями «Парк Победы» и «Кунцевская» в начале апреля 2007 г. была установлена рекордная скорость проходки: тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК) Herrenknecht ОАО «Трансинжстрой» прошел под землей 704 м за один месяц.

В 2011 г. реализован еще один не менее важный проект на юге столицы – строительство станции «Шпиловская» и перегонных тоннелей с притоннельными сооружениями до станции «Зябликово». По плану метрополитена города Москвы соединить Замоскворецкую и Люблинско-Дмитровскую линии планировалось еще в 90-х гг. прошлого века, однако к конкретным действиям приступили лишь в 2006 г. Значимость этого проекта сложно переоценить, ведь прямого наземного сообщения между Царицыно и Марьино не существует.

Окончательно две линии метро были соединены на станции «Зябликово» в установленные сроки. Работы по проходке тоннелей под станцией «Красногвардейская» велись на предельно малом расстоянии – всего одного метра от лотка станции без ограничения движения по Замоскворецкой линии. Для обеспечения безопасности движения во время строительных работ осуществлялся постоянный мониторинг состояния основных конструкций и платформы. Движение открыто в конце 2011 г.

В 2012 г. усилиями ОАО «Трансинжстрой» Московское метро шагнуло за Кольцевую автодорогу в восточном направлении. Возведение одной из первых станций метро за Московской кольцевой автодорогой значительно разгрузило «проблемное» направление в сторону города Железнодорожный; метро пришло в подмосковный Реутов. В зону ответственности СМУ-154 в этом направлении входило строительство станции «Новокосино» и перегона между ней

Реконструкция платформенного участка станции «Кунцевская»





Наземный павильон станции «Новокошино»



Строительство станции «Ломоносовский проспект»

и станцией «Новогиреево». Проходка перегонных тоннелей под МКАДом выполнена без остановки движения, осадок дорожного полотна не зафиксировано. Новый участок Калининской линии метрополитена сдан ко Дню города на три месяца раньше установленного срока. День пуска долгожданной станции метро явился событием для тысяч жителей района. Поздравить строителей приехал лично Президент нашей страны Владимир Владимирович Путин в сопровождении мэра и руководителей строительного комплекса Москвы.

Новый контракт ОАО «ТрансИнжСтрой» – строительство участка Калининско-Солнцевской линии метрополитена от ст. «Парк Победы» до ст. «Раменки». С 2012 г. нашему Управлению поручено строительство станции «Ломоносовский проспект», правого перегонного тоннеля с притоннельными сооружениями. Строительство линии по-прежнему уникально. Почти 5-километровые тоннели соединили самую глубокую станцию Московского метро «Парк Победы» и строящуюся открытым способом в котловане станцию «Ломоносовский проспект».

Вблизи возводимой станции метро «Минская» тоннели проходят под путепроводом киевского направления Московской железной дороги и под рекой Сетунь. Расстояние от тоннелепроходческого комплекса до опор путепровода составило 2 м по вертикали и до 60 см от свай моста по горизонтали. Проходка выполнена без остановки движения по железной и автомобильной дороге.

Все эти годы Управление трудится в составе и под руководством ОАО «ТрансИнжСтрой». С 2014 г. генеральным директором является Гончаров Анатолий Алексеевич, много лет отработавший в коллективе, знающий проблемы и возможности изнутри. Сегодня мы выражаем благодарность всем руководителям вышестоящей организации за большой личный вклад в работу СМУ-154, постоянное вни-

мание, поддержку и участие в решении возникающих вопросов.

В разные годы коллектив СМУ-154 возглавляли: Дьяконов Леонид Павлович, Чесноков Андрей Семенович, Замолдинов Вазых Зомолдинович, Исаев Павел Сергеевич, Милов Валентин Глебович, Бахарев Борис Анатольевич. В настоящее время работой руководит Елгаев Константин Сергеевич.

В решении вопросов строительства объектов последнего пятилетия необходимо отметить большой личный вклад рабочих, бригадиров и инженерно-технических работников нашего управления: К. С. Елгаева, Д. С. Зайцева, С. А. Прозоровской, Н. М. Палько, М. С. Моисеева, В. В. Писарева, А. В. Жирнова, В. В. Панина, Г. В. Летуновского, И. В. Конопко, Ю. Н. Честных, Б. Н. Филатова, В. А. Садовникова, А. А. Данилова, Н. А. Кабанова, М. Н. Гришаева, В. В. Беспалова, Н. Н. Медведова и других.

Многолетний успешный трудовой путь нашего коллектива – это результат квалифицированного труда рабочих, инженерно-технических работников, управленцев СМУ и вышестоящей организации. Благодаря их профессионализму, целеустремленности, полной самоотдаче и высокой ответственности в решении производственных вопросов СМУ-154 продолжает обеспечивать своевременное выполнение сложных и высококачественных работ при строительстве самого красивого в мире Московского метрополитена.

Сегодня более двухсот человек из нашего коллектива работают в СМУ более 25 лет. Более 40 лет в СМУ-154 трудятся Галаев И. Г., Прозоровская С. А., Минаева Е. И., Чаргазия Г. Р., Шмат В. Н., Ермаков В. В., Довгий Н. Н., Дорошенко А. С., Дудко А. А., Мельников Н. Д., Милютин В. А., Омельченко Н. В., Пичугина С. А., Чуракова А. Н., Кузнецов А. С., Калмыкова Н. А., Кравчук И. Е.

За свой труд более ста работников коллектива СМУ удостоено высоких го-

сударственных и ведомственных наград. Бригадиру проходчиков Ю. П. Мурзину присвоено звание Героя Социалистического Труда, бригадир проходчиков В. Б. Городецкий являлся полным кавалером ордена Трудовой Славы. В различные годы Орденом Ленина были награждены 3 сотрудника, Орденом «За заслуги перед Отечеством IV степени» – 2 человека, Орденами Трудовой Славы различных степеней награждены 24 работника СМУ, кавалерами Ордена Трудового Красного Знамени стали 10 человек, Орденом «Знак Почета» отмечены 23 сотрудника, Орденом «Мужества» награждены 2 человека. Более 50 работников награждены медалями.

Более 35 работников были удостоены почетного звания «Заслуженный строитель РФ», «Почетный строитель города Москвы», награждены знаком «Почетный строитель России».

Трудно представить себе нашу работу без организаций, которые на протяжении многих лет трудятся с нами вместе, внося свой вклад в общее дело – Московская Дирекция строящегося метрополитена, субподрядные организации, ВГСЧ, ВГСО-21, ГПС-100, ОАО «Метрогипротранс», ОАО «Мосинжпроект».

В год 70-летия Победы над фашистской Германией хочется вспомнить добрыми словами наших ветеранов Великой Отечественной войны, ныне живущих и которых уже с нами нет: Безносикова Алексея Яковлевича, Бусова Владимира Яковлевича, Вишнякова Владимира Алексеевича, Дыбина Виктора Кузьмича, Кистаева Александра Григорьевича, Кульгавина Артура Прокопьевича, Нечаеву Валентину Александровну, Прокофьева Владимира Сидоровича, Родкина Михаила Григорьевича, Сафарова Анвара Алиевича.

Коллеги, поздравляю всех сотрудников с 60-летним Юбилеем нашей организации! Примите самые добрые пожелания здоровья, дальнейших успехов в работе, благополучия вам и вашим семьям!



СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОЕ УПРАВЛЕНИЕ № 155

Д. А. Старцев, заместитель главного инженера СМУ-155 ОАО «Трансинжстрой»
М. М. Казьмин, главный специалист



Станция «Парк Победы» Московского метрополитена

Строительно-монтажное управление № 155 было образовано 3 апреля 1972 г. в составе Управления строительства (в настоящее время ОАО «Трансинжстрой»). Коллективу организации поручалось вести реконструкцию и строительство станций Московского метрополитена, выходов, переходов и технических помещений различного назначения, проходку новых и капитальный ремонт существующих вентиляционных стволов и сбоек, а также других притоннельных сооружений.

За свою 43-летнюю историю коллектив СМУ непосредственно участвовал в строи-

тельстве и технологической наладке ряда станций Московского метрополитена: «Боровицкая», «Крылатское», «Парк Победы», «Славянский бульвар», «Строгино», «Зябликово», «Борисово», «Новокосино».

В настоящее время СМУ-155 совместно с коллективом ОАО «Трансинжстрой» ударно трудится на сооружении участка Калининско-Солнцевской линии Московского метрополитена от станции «Парк Победы» до станции «Раменки». Нам поручено возведение станционного комплекса «Раменки» и вентиляционных узлов на перегонах. Станция «Раменки» расположена на бульваре Ми-

чуринского проспекта на пересечениях с ул. Винницкой и Раменки в условиях сплошной городской застройки. Строительство станционного комплекса общей длиной более 700 м происходит в несколько этапов, каждый из которых обусловлен значительным объемом работ по перекладке существующих городских коммуникаций и переустройством городского движения. Несмотря на сложности, коллектив СМУ полон решимости выполнить поставленные руководством ОАО «Трансинжстрой» задачи, успешно и в установленный срок сдать в эксплуатацию этот участок.

Станция «Строгино»



Станция «Зябликово»



В СМУ-155 постоянно ведется работа по улучшению качества строящихся объектов. Система менеджмента качества соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2008, что регулярно подтверждается периодическими внутренними и внешними аудитами. Для контроля качества строящихся объектов специалисты СМУ сотрудничают с ОАО «НИИМосстрой».

При поддержке руководства ОАО «Трансинжстрой» СМУ-155 осуществило работы по расширению производственной базы, комплектованию ее высокотехнологичным и передовым оборудованием, станочным парком, позволяющим на современном уровне решать стоящие перед головной организацией задачи.

В конце 2014 г. был приобретен новый тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК) фирмы «Херренкнехт АГ», к освоению которого готовится коллектив СМУ.

В процессе работ были отработаны и реализованы технические новшества, которые позволили сократить трудозатраты и сроки проведения отдельных операций по изготовлению арматурных каркасов, осуществлена механизация опалубочных работ, стабилизация грунтов при проходческих работах.

Механический цех ежегодно выпускает 2,5 тыс. т готовой продукции. Освоен автоматический станок фирмы «Шнелль» для сварки арматурных каркасов для буронабивных свай различного типоразмера, что позволяет изготавливать более 10 каркасов в сутки с минимальными трудовыми затратами и высокого качества. Также освоен метод механического соединения арматуры, который обладает рядом преимуществ по сравнению с другими видами соединения, полностью отвечая современным требованиям качественного выполнения строительно-монтажных работ. Механическое соединение арматуры с использованием муфт и гидравлических обжимных прессов фирмы ООО «СТС» было согласовано с ОАО «Метрогипротранс» и стало применяться в железобетонных конструкциях станционного комплекса «Раменки». Высокая прочность конструкций, отсутствие скопления и перерасхода арматуры, а также экономическая эффективность за счет снижения трудозатрат и большей скорости выполнения – основные преимущества данного вида соединения. Оборудование используется как при стыковке арматурных стержней на месте монтажа, так и в заводских условиях.

Для оптимизации опалубочных работ впервые при строительстве Московского метрополитена применена опалубочная тележка фирмы NOE-Schaltechnik. Набор конструктивных элементов, из которых собирается тележка, позволяет перенастраивать её под разные геометрические размеры, как в плане, так и по высоте. Приобретя полуторный комплект для



Строительство станционного комплекса «Раменки»

бетонирования свода тоннелей, мы получили возможность бетонирования всех путевых тоннелей станционного комплекса, включая платформенный зал станции. В настоящее время данная опалубочная тележка с успехом применяется при строительстве станционного комплекса «Раменки».

В ходе строительства вентиляционных тоннелей вентсбойки на перегонных тоннелях строящейся Калининско-Солнцевской линии Московского метрополитена из-за сложных геологических условий возникла необходимость применения специальных методов. Для обеспечения безаварийной проходки верхнего вентиляционного тоннеля вентсбойки, предупреждения прорыва подземных вод с выносом грунта, для стабилизации грунтового массива в теле выработки применено укрепление вмещающих грунтов методом струйной цементации. Дополнительные сложности возникли с необходимостью начала этих работ со ствола, с временных полков в условиях ограниченного пространства. Данная технология замещения грунтов была освоена участком специальных подземных работ СМУ и применяется в настоящее время.

Всё вышеперечисленное было выполнено силами ИТР и рабочих СМУ-155 без привлечения субподрядных организаций.

Славный путь прошел наш коллектив. За свой героический труд многие рабочие, специалисты и руководители удостоены высоких Государственных наград, почетных званий, стали лауреатами Государственных премий.

В короткой статье очень сложно перечислить, а тем более описать тот громадный объем выполненных за 43 года, подчас уникальных, строительно-монтажных работ, в которых принимали активное участие:



Строительство вентиляционного ствола

• *участки, возглавляемые в разное время:* Зубковым Л. А., Клоповым А. М., Кириченко П. И., Платоновым П. А., Ященко Н. М., Савкиным Г. К., Коженковым М. Г., Назаровым В. В., Шабановым В. В., Титковым С. Б., Пашкевичем В. А., Шаповалом И. П., Хотеевковым В. П., Казаковым А. А., Краевским Б. Н., Балдиным В. В., Захаровым Н. Т., Бобелло В. Д., Воробьевым П. Д., Улановым В. Н., Усковым Э. В.;

• *главные инженеры СМУ:* Белов Б. В., Костюченко В. Г., Зинковский А. И., Елгаев К. С., Зайцев Д. С., Иванов Н. А., Костин М. В.;

• *начальники СМУ:* Логинов Е. В., Пашков Г. П., Мамаладзе Э. Г., Вуколов А. Д., Стрелков В. Л.

Коллектив СМУ-155 занимает достойное место в группе строительно-монтажных управлений ОАО «Трансинжстрой» и пользуется заслуженным авторитетом в большом коллективе профессиональных метростроителей Москвы.



СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОЕ УПРАВЛЕНИЕ № 158

В. И. Грибов, начальник СМУ-158 ОАО «Трансинжстрой», заслуженный строитель России

История коллектива ОАО «Трансинжстрой» насчитывает немало памятных дат. На протяжении всего длительного пути в составе ОАО «Трансинжстрой» трудится коллектив СМУ-158.

Надо сказать, что СМУ-158 – это многофункциональный, мобильный коллектив, деятельность которого охватывает все этапы строительства: участие в проектировании объектов и оборудования, подготовка строительных и монтажных площадок для проходки тоннелей, монтаж металлоконструкций и различного оборудования. Вот только некоторые адреса деятельности СМУ-158 за его многолетнюю историю: строительство станций «Баррикадная», «Улица 1905 года», «Боровицкая», сооружение пересадочного узла трех действующих станций «Киевская», возведение станций «Крылатское», «Парк Победы», «Кунцево», «Славянский бульвар», «Строгино», «Зябликово», Шипиловская, «Борисово», «Новокосино». В настоящее время ведутся строительные и монтажные работы на станциях «Минская», «Ломоносовский проезд» и «Раменки».

При строительстве участка от станции «Парк Победы» до станции «Строгино» наш коллектив был задействован на монтаже вентиляционных клапанов, вентиляционных камер, трубопроводов различного назначения, электротехнического оборудования. На станции «Строгино» для сооружения свода станции была изготовлена и смонтирована передвижная механизированная опалубка, что дало возможность в кратчайшие сроки выполнить работы по сооружению свода станции. Для проходки тоннелей ОАО «Трансинжстрой» применило проходческий комплекс ТПМК «Херренкнехт АГ», в монтаже и демонтаже металлоконструкций которого принимал непосредственное

участие коллектив СМУ-158, осуществлявший изготовление и монтаж стартовых комплексов ТПМК, комплекс металлоконструкций и оборудования транспорта породы, демонтаж и последующую сварку ротора и другого оборудования комплекса. В том, что СМУ-161 при проходке тоннеля ТПМК «Херренкнехт АГ» установило не один рекорд, есть значительная доля труда работников СМУ-158.

Большой вклад внёс коллектив СМУ-158 ОАО «Трансинжстрой» при строительстве участка Люблинско-Дмитровской линии Московского метрополитена от станции «Марьино» до станции «Зябликово» протяженностью 4,3 км, а также станции «Новокосино» Калининской линии на участке «Новогиреево» – «Новокосино». Жители районов Москвы получили в подарок сразу четыре станции: «Борисово», «Шипиловская», «Зябликово», «Новокосино», и на всех этапах строительства принимал самое активное участие коллектив СМУ-158. Наша организация незримой нитью объединяла всю эту массу строительных сооружений, которые возводились различными горными СМУ и их субподрядчиками: обеспечение электрической энергией и сжатым воздухом, изготовление и монтаж стартовых комплексов для механизированных тоннелепроходческих комплексов фирмы «Херренкнехт АГ», участие в обслуживании работы ТПМК при проходке тоннелей, изготовление и монтаж практически всех изделий и металлоконструкций, таких как затворы, вентиляционные клапаны, арматурные каркасы, сваи, армометаллоблоки и конструкции переходов. Коллективом СМУ-158 изготовлены, оперативно доставлены и смонтированы на станции «Зябликово», «Шипиловская» и «Новокосино» уникальные передвижные опалубки массой 90-100 т каждая для бето-

нирования свода станций, что значительно сократило сроки их возведения и создало неповторимый архитектурный рисунок свода. На «Шипиловской» – это усечённые пирамиды с треугольным основанием, на станции «Зябликово» – прямоугольные промежутки между арками свода, на станции «Борисово» – два ряда ниш в форме усечённого конуса. На станции «Новокосино» с помощью опалубки создан неповторимый рисунок свода. Архитектура станций радует москвичей и гостей столицы неожиданными решениями и высоким уровнем профессионализма строителей и монтажников, претворивших идеи и замыслы архитекторов в жизнь. Коллектив СМУ в кратчайшие сроки освоил изготовление, а затем и монтаж изделий из нержавеющей стали. Это более сотни наименований изделий на каждой станции: входные комплексы с дверьми повышенной надежности, вентиляционные решётки различных рисунков, шкафы управления, кабины контроля, скамьи для пассажиров, поручни лестниц и большое количество других изделий, необходимых для функционирования метрополитена.

Конструкции и изделия из нержавеющей стали изготовлены и смонтированы коллективом СМУ-158 с высоким качеством и вместе с другим архитектурным убранством создают неповторимый образ каждой станции и каждодневно радуют своим совершенством всех, кто пользуется услугами метрополитена.

В настоящее время СМУ-158 ударно трудится над реализацией программы работ по строительству участка Калининско-Солнцевской линии на участке от «Парка Победы» до «Раменки», включая три новых станции Московского метрополитена: «Минская», «Ломоносовский проспект» и «Раменки». Участок строительства более

Изготовление элементов стартового стакана



Монтаж передвижной металлической опалубки на Люблинско-Дмитровской линии





Изготовление на производственной базе металлоблоков БМ



Цех производственной базы СМУ-158

7 км предполагается сдать в эксплуатацию в 2016 г. В настоящее время СМУ-158 здесь активно проводит монтаж затворов, вентиляционных клапанов, труб, осуществляет подготовку трасс для прокладки кабелей. Одновременно с монтажом СМУ-158 обеспечивает работу строительных организаций электрической энергией, сжатым воздухом, сопровождение работ проходческих комплексов. Наряду со строительством новых станций и линий метрополитена, изготовлением на своей производственной базе различных видов металлоконструкций и изделий коллектив выполняет большой объем работ по реконструкции, модернизации, ремонту перегонных тоннелей, вентиляционных комплексов Московского метрополитена. Метрополитену более 80 лет и, естественно, при такой длительной интенсивной эксплуатации требуется своевременная замена оборудования и коммуникаций, усиление существующих обделок тоннелей, стволов и выработок для размещения оборудования. Вести эти сложные работы без остановки движения, вблизи действующего электрооборудования и электрокабелей высокого напряжения руководство ОАО «Трансинжстрой» поручило нашему СМУ, как организации, имеющей опыт, технические возможности и квалифицированных ИТР и рабочих для ведения таких сложных и опасных работ.

При реконструкции вентиляционных комплексов выполняется весь комплекс работ по усилению строительных конструкций, замене вентиляционного и электрооборудования, затворов и сетей. Изготавливается и монтируется металлообойма верхней и нижней подходной, вентствола из металлобетонных блоков БМ (АМБ), которая при совместной работе с существующими несущими конструкциями метрополитена дает наиболее эффективный результат. Такое решение не только обеспечивает надежность и долговечность несущих конструкций метрополитена, но и создает комфортные условия для работы вентиляционного, электрооборудования, электрических сетей и, в конечном итоге, комфорт и удобство для пассажиров метрополитена.

Кроме строительства метрополитена, СМУ-158 совместно с другими структурными подразделениями ОАО «Трансинжстрой» осуществляло большой объем работ по жилищному, административному и культурно-спортивному строительству. Так в г. Одинцово смонтированы крупные силовые станции, электроподстанции и ЦТП с разводящими тепловыми и электрическими сетями. Проложен многокилометровый водовод диаметром 800 мм от Рублевского водохранилища для обеспечения питьевой водой г. Одинцово. Выполнены электромонтажные и сантехнические работы при сооружении больничного комплекса на 600 коек, комплекса общежитий, профилактория «Липки».

Изготовлены и смонтированы с высоким качеством уникальные конструкции Ледового дворца спорта в г. Одинцово. При изготовлении и монтаже инженерами СМУ был применен ряд новейших технологических решений (например, блочный монтаж из двух металлических ферм ледового дворца пролетом $L = 46$ м), что дало возможность значительно сократить сроки монтажных работ, поднять качество и оперативность монтажа. Ледовый дворец стал украшением г. Одинцово, а для коллектива – ещё одним памятником профессионализма рабочих и инженеров СМУ-158. На настоящее время СМУ освоило на своей производственной базе изготовление и последующий монтаж более 40 типоразмеров блоков БМ (АМБ), которые нашли применение на станциях метро «Крылатское», «Парк Победы», вестибюлях, вентиляционных комплексах Строгинской, Люблинско-Дмитриевской, Калининско-Солнцевской линиях метро, при реконструкции вентиляционных комплексов действующего метрополитена. На своей производственной базе СМУ-158 ОАО «Трансинжстрой» изготавливает все виды затворов, вентиляционных клапанов, различные металлоконструкции, армокаркасы для отливки железобетонных блоков, конструкций шумоглушения и не только для строящегося участка Калининско-Солнцевской линии, на котором работает коллектив ОАО «Трансинжстрой», но и для других подрядчиков (ОАО «Мосметрострой», «СМУ-Ингеоком», «Казаньметрострой»).

В связи с 60-летием ОАО «Трансинжстрой» хочется выделить и отметить тех сотрудников СМУ, которые успешно работали и плодотворно трудятся в настоящее время:

коллективы бригад: Пекина И. С., Вишневого Л. П., Кузнецова А. А., Мифтахутдинова А. А., Козлова Н. А., Русова С. М., Ревякина Н. И., Алешина П. К., Мишечкина А. С., Миронова П. А., Дегтева В. П., Гурьянова А. А., Сударева А. В., Беседина Н. В., Мартынькина В. А., Селищева А. А., Черепанов В. Н., Мусатов В. И.;

начальников участков: Ковалева В. Ф., Трубина Е. Я., Лемаева И. С., Болотникова И. И., Бирюкова В. Ф., Лесникова Н. И., Грыжина Ю. И., Ручкина В. С., Тимонова В. Н., Макарова В. В., Голосова П. Н., Трондина В. Н., Вирыкина В. К., Пузанова В. Н., Слепова М. М., Бокарева В. С., Щурова В. И., Зиновьева С. С., Крупичко С. А.;

инженерно-технических работников: Карпету И. Е., Фокина М. Д., Новикова П. С., Сливку В. В., Вару И. М., Абалихина М. А., Колкотину А. И., Быканова А. В., Липунова Г. И., Милотина А. А.;

руководителей, специалистов аппарата управления: Подвигина А. Д., Кирдина В. В., Соколова А. Л., Мельникова М. А., Михайлова В. А., Горбатова В. Д., Яковлева В. А., Бирюкова В. Ф., Карягина Ю. В., Котельникова Г. А., Харламову Л. Н., Крайнова М. В., Аверьянову М. Н., Власову Т. Н., Корнееву Л. И., Снегирева Д. Л., Локтеву Г. В.;

главных инженеров: Ястребова Б. П., Новикова В. М., Ермакова А. И., Разинкова В. А., Смирнова О. В., Федосова А. А.;

начальников СМУ: Осколкова В. Н., Рябцева В. Ф., Еркалова Г. В.

За свой героический труд многие рабочие, инженерно-технические работники, специалисты и руководители удостоены высоких государственных наград, почетных званий, стали лауреатами Государственных премий. Коллектив СМУ-158 заслуженно пользуется большим авторитетом среди строительномонтажных организаций, заказчиков, проектных организаций, руководства ОАО «Трансинжстрой» и Московского метрополитена, занимает достойное место в составе славного коллектива строителей ОАО «Трансинжстрой» и строителей Москвы.



СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОЕ УПРАВЛЕНИЕ № 162

М. А. Потапов, начальник СМУ-162 ОАО «Трансинжстрой»

Е. В. Потапова, начальник отдела инженерной подготовки производства

СМУ-162 было образовано в 1986 г. в составе ОАО «Трансинжстрой». Главным предназначением организации стало возведение объектов промышленного и гражданского строительства. Вновь образованный коллектив возглавил опытный инженер в области подземного строительства А. Н. Горбунов.

Практически сразу после создания организации было поручено возведение ответственных подземных и наземных объектов на территории СССР. Коллектив выполнял работы по реконструкции гидротехнического тоннеля Невинномысского канала (Ставропольский край). Канал введен в эксплуатацию в 1948 г. Основное назначение канала состоит в подаче воды из р. Кубани в Кубань-Егорлыкскую систему для орошения и обводнения засушливых степей Ставропольского края и Ростовской области. На трассе канала воздвигнуто 77 сооружений, в том числе тоннель. Канал позволяет оросить свыше 20 тыс. гектаров земель и обводнить свыше 1,5 млн гектаров. На кубанской воде работают Свистухинская, Сенгилеевская, Ново-Троицкая, Пролетарская и Веселовская гидроэлектростанции.

Более чем за 30 лет эксплуатации монолитная железобетонная отделка тоннеля пришла в негодность, сечение не позволяло обеспечить возросшую потребность народного хозяйства в воде. В ходе изысканий выявилась необходимость проходки второго тоннеля диаметром 4,8 м параллельно первому, а также реконструкции отделки в существующем тоннеле. Работы по реконструкции проводились в круглосуточном режиме с применением механизированной скользящей опалубки. За период реконструкции было восстановлено 6 км тоннеля внутренним диаметром 4,6 м. В результате его пропускная способность возросла до 75 м³/с.

В 1988 г. при участии СМУ-162 были построены и успешно сданы в эксплуатацию станции метро «Крылатское» и «Римская».

В начале 90-х гг. была начата прокладка участка Арбатско-Покровской линии Московского метрополитена от ст. «Киевская» до ст. «Парк Победы». Силами СМУ-162 производились работы по сооружению рабочевентиляционных стволов различного диаметра, притоннельных сооружений, проходка участков перегонных тоннелей. Перегон и станция «Парк Победы» были торжественно открыты 6 мая 2003 г.

СМУ-162 выступало в качестве генподрядной организации при возведении станции «Славянский бульвар» Московского метрополитена. Строительство ве-



Входной портал Невинномысского гидротехнического тоннеля

лось силами субподрядной организации СМУ «Ингеоком». Станция была сдана в эксплуатацию в 2008 г. Благодаря своим архитектурным решениям в стиле модерн она по праву заняла почётное место среди красивейших станций Московского метрополитена.

В 2009–2012 гг. силами управления был произведён весь комплекс строительно-монтажных работ по сооружению ст. «Новокосино» Калининской линии Московского метрополитена. Станция располагается между Суздальской улицей и Носовинским шоссе перпендикулярно Городецкой улице, за пределами Московской кольцевой автодороги, с двумя выходами в г. Реутов. Станция однопролётная односводчатая, с платформой островного типа. Несущие конструкции выполнены из монолитного железобетона. Уникальный архитектурно-художественный облик станции разработан архитекторами ОАО «Метрогипротранс». За станцией предусмотрены тупики для оборота и отстоя подвижного состава. В комплексе со станцией произведено строительство перехватывающей парковки.

Местоположение строительной площадки и разработанная технология производства работ были выбраны таким образом, чтобы максимально снизить неудобства для жителей, т. к. станция возводилась открытым способом. В связи с наличием вблизи стройплощадки жилых и общественных зданий, автозаправочной станции, разветвлённой сети автодорог и подземных коммуникаций, было принято решение возведение станции разбить на не-

сколько технологических и временных этапов. Первым этапом сооружались вестибюли станции, центральная часть платформенного участка. Затем, после переноса поочерёдно двух направлений автодороги улицы Городецкая, соорудили участки платформенной части. Последним этапом строились подземные пешеходные переходы и наземные павильоны.

Для сооружения кессонного свода предусматривалось применение передвижной механизированной опалубки длиной 12 м со съёмными формами кессонов. Для ускорения темпов сооружения свода было принято решение использовать две опалубки, работающие параллельно. Данному решению предшествовала детальная проработка организации строительного процесса и планирование рациональной параллельной работы опалубок во времени. Применение данной технологии позволило сократить время сооружения станции и пустить линию в эксплуатацию раньше запланированных сроков.

Наряду с богатым опытом предприятие владеет арсеналом передовых технологий для решения поставленных задач. Основа таких технологий – применение механизированных проходческих комплексов для строительства вертикальных и горизонтальных горных выработок.

В 2007 г. СМУ-162 впервые применило для строительства вертикального ствола ш. 463а на участке Митинско-Строгинской линии Московского метрополитена от ст. «Парк Победы» до ст. «Кунцевская» механизированный стволопроходческий комплекс VSM 7800/5600 бурового действия



Станция «Славянский бульвар»



Станция «Новокосино»



Проходка ствола комплексом фирмы «Херренкнехт АГ» VSM 7800/5600



Коллектив СМУ-162 в демонтажной камере ст. «Ломоносовский проспект» на сбойке правого перегонного тоннеля

фирмы «Херренкнехт АГ». Технология продемонстрировала значительные преимущества по сравнению с традиционными методами проходки стволов. В 2012–2013 гг. комплекс был вновь применён при сооружении вертикальных стволов ш. № 752бис ($\varnothing = 8,5$ м, $L = 73$ м) и ш. №754 ($\varnothing = 6,3$ м, $L = 34$ м) и на участке Калининско-Солнцевской линии Московского метрополитена от ст. «Парк Победы» до ст. «Раменки». Основным вмещающий массив характеризовался переслаиванием обводнённых неустойчивых пород различной плотности. Днище ствола располагалось в крепких трещиноватых известняках.

Стволопроходческий механизированный комплекс состоит из следующих основных элементов: буровая стволопроходческая машина, обделка ствола (блоки), опускной блок, система транспортировки грунта, рабочий контейнер, геодезическая система, сепарирующая установка, бентонитная система. До начала проходки ствол заполняется водой выше уровня грунтовых вод на 1 м для создания гидропригруза и облегчения разработки. Породы разрабатывается стволопроходческой машиной, с одновременной выдачей грунта из шахты в виде пульпы. Вода пос-

ле очищения снова подводится по трубопроводам в ствол. Обделка ствола – сборная железобетонная с внутренней металлической гидроизоляции. Подробно технология была описана в ранних выпусках журнала за 2008 и 2013 г. Применение технологии значительно повышает безопасность производства работ, сокращает сроки сооружения объекта более чем в два раза, позволяет не менять способы проходки при изменении горногеологических условий. В настоящее время СМУ-162 использует технологию при сооружении рабочего ствола № 748бис ($\varnothing = 8,5$ м, $L = 66,5$ м) на перегоне от ст. «Третьяковская» до ст. «Деловой центр».

Осенью 2012 г. СМУ-162 приступило к строительству участка Калининско-Солнцевской линии Московского метрополитена от ст. «Парк Победы» до ст. «Раменки». Проходка левого перегонного тоннеля от ст. «Раменки» в сторону ст. «Ломоносовский проспект» началась 31 мая 2013 г. ТПМК фирмы «Herrenknecht AG» с активным грунтопригрузом и внешним диаметром 6,28 м стартовал из монтажной камеры площадки № 13 ст. «Раменки» на Мичуринском проспекте. Тоннель располагается под оживлённой автомагистралью Мичуринского проспекта, в

непосредственной близости от жилых домов. Над тоннелем присутствует развитая сеть инженерных коммуникаций (29 инженерных сетей). Минимальное расстояние от тоннеля до коммуникации составляет 1 м. 30 октября 2013 г. сооружение тоннеля было завершено. Сбойка в демонтажной камере на площадке № 11 ст. «Ломоносовский проспект» стала первой вехой в реализации проекта строительства данного участка линии. Проходка правого тоннеля перегона была завершена 29 апреля 2014 г. В настоящее время СМУ-162 ведёт работы по сооружению ст. «Раменки».

Сейчас перед организацией стоят задачи по возведению новых объектов и выхода на новые профессиональные рубежи. В условиях рыночной экономики, повышения наукоёмкости производства, обострения конкуренции, готовность и умение внедрить прогрессивную технику и технологии является залогом успешного функционирования и развития предприятия. Реализация этих задач потребует от коллектива СМУ-162 и впредь сплочённости, преданности делу, стремления к развитию творческой и инженерной мысли, вклада каждого работника в создание объектов, достойных самой высокой оценки.



БЮРО КОМПЛЕКСНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Н. Ф. Стариченко, начальник БКП ОАО «Трансинжстрой»

Т. М. Плотникова, начальник производственно-технического отдела



Перегонный тоннель от станции «Ломоносовский проспект» до станции «Раменки», 2014 г., ОАО «Трансинжстрой»

Бюро комплексного проектирования (БКП) ОАО «Трансинжстрой» – специализированная проектная организация, усилиями которой сооружены уникальные в мировой практике объекты транспортного строительства.

Отдел комплексного проектирования (ОКП) был организован еще в 1971 г. в стенах института «Метрогипротранс». В дальнейшем по Постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР в октябре 1981 г. в составе института «Метрогипротранс» из специалистов, уже имевших большой накопленный опыт проектирования подземных сооружений, было создано Бюро комплексного проектирования.

В 1990 г. БКП на положении обособленного структурного подразделения вошло в состав Производственно-строительного объединения «Трансинжстрой», ныне ОАО «Трансинжстрой». В обязанности БКП входит разработка технической документации на строительство и реконструкцию инженерных сооружений – метрополитенов, тоннелей и других объектов транспортного, производственного и непроизводственного назначения.

Огромная роль в становлении и организации плодотворной работы нашего коллектива – заслуга его бывшего руководителя – Николая Николаевича Бычкова, доктора технических наук, лауреата Ленинской и Государственной премий, Премии Совета Министров, заслуженного изобретателя РФ, академика РАТ и АГН, почетного строителя России, почетного транспортного строителя, который и в настоящее время оказывает неоценимую помощь коллективу, являясь заместителем главного инженера ОАО «Трансинжстрой».

В период перестройки и экономических реформ частично прекратились государственная поддержка и финансирование, резко упал спрос на проектные работы. В это время не удалось сохранить опытные кадры, а молодые специалисты не изъявляли желания работать.

Неиссякаемая энергия, научный багаж и вера в огромные потенциальные возможности коллектива помогли найти Н. Н. Бычкову новые направления работ, обеспечивавшие выживание БКП в трудных условиях того периода.

Начиная с 2005 г. коллективом БКП руководили Н. Ф. Стариченко, В. В. Ржанов, В. С. Гри-

горенко, однако с 2014 г. коллектив БКП трудится под руководством Николая Федоровича Стариченко, который прикладывает много усилий в создании работоспособного коллектива и в предоставлении возможности для раскрытия творческого потенциала каждому специалисту.

Большой вклад в развитие БКП внесли главные инженеры Е. М. Паничев, В. Т. Алтунин и работающие под их руководством главные инженеры проектов Е. И. Горбатов, Е. И. Гавриленко, В. И. Шанин, Л. А. Волкова, П. В. Морозов. С их помощью и активном участии в ходе проектирования и строительства объектов установилось благотворное творческое взаимодействие проектировщиков и специалистов научно-исследовательских субординатных, проектных и строительно-монтажных организаций.

В основу проектирования в БКП заложен принцип функциональных отделов, который оказался очень четким и гибким для успешного осуществления поставленных задач.

Основой для разработки грамотных и экономически оправданных решений при проектировании зданий и сооружений, особенно подземных, является правильная оценка инженерно-геологических условий строительства, а также организация горнопроходческих работ и их ритмичное ведение в период строительства. Такие функции осуществляет отдел организации строительства. Выполнение горнопроходческих работ большим количеством одновременно работающих забоев при строительстве станций, пересадочных узлов, камер съездов, перегонных тоннелей и при ограниченном количестве рабочих стволов в условиях плотной городской застройки вызвало необходимость разработки высокопроизводительных шахтных комплексов.

В отделе были успешно решены вопросы:

- применения новых типов несущих конструкций обделок с повышенными гидроизоляционными свойствами;
- совместно с научно-исследовательскими организациями применения принципиально новой схемы бетонирования, учитывающей физико-механические характеристики литой смеси;
- очистки грунтовых вод и подготовлены рабочие чертежи очистных сооружений глубокого заложения.

Деятельность специалистов БКП отличается стремление к творческому поиску перспектив внедрения современных технологий возведения транспортных подземных сооружений. Впервые в практике метростроения в тесном сотрудничестве со специалистами СКТБ «Тоннельметрострой» был разработан высокопроизводительный шахтный комплекс КШГ-2 производительностью до 16000 м³/мес по породе в плотном теле, что почти вдвое превышает производительность комплексов традиционного типа. Применение этого комплекса реализовано при строительстве станции «Парк Победы» Московского метрополитена.

На строительстве линии метрополитена «Парк Победы» – «Строгино» было начато применение при проходке перегонных тоннелей современного тоннелепроходческого комплекса фирмы «Herrenknecht», которым была достигнута высокая скорость проходки.

Экономическая оценка – сметная стоимость строительства является важным критерием проекта. Этот важный показатель грамотно определяла группа, возглавляемая Г. Н. Даниловой.

Над решением задач по созданию новых типов конструкций, способов их возведения, снижения материалоемкости и трудоемкости изготовления, скоростного мон-

тажа, повышения индустриальности строительства успешно трудится коллектив отдела строительных конструкций. Его специалисты участвовали в разработке новых конструкций с использованием металлопроката и литой бетонной смеси, обеспечивающих прочность, герметичность и долговечность сооружений. Эти конструкции получили условные наименования БМ (блок металлоизоляции), АМБ (армированный блок металлоизоляции), ПАМБ (плоский армированный блок металлоизоляции). Все они защищены авторскими свидетельствами, патентами и внедрены в производство со значительным экономическим эффектом.

Конструкции типа БМ в последнее время широко используются при ремонте многих существующих вентиляционных стволов из чугунных тубингов Московского метрополитена, работающих в условиях сезонных знакопеременных температур, что позволяет добиться их полной водонепроницаемости. Применение при возведении подземных частей таких сооружений, как «Храм Памяти» на Поклонной горе, склад медико-санитарного имущества и материально технических средств для Всероссийского центра медицины катастроф «Защита» и многих других в качестве ограждающих конструкций ПАМБов обеспечило не только надежную гидроизоляцию, но сократило объем разрабатываемого грунта за счет уменьшения ширины котлованов на 2,5–3 м.

Достижением коллектива БКП является результат его участия (проекты) в строительстве третьего транспортного кольца – участка от Андреевской набережной до ул. Вавилова – Гагаринский тоннель, в строительстве Лефортовского тоннеля. Нельзя не отметить оригинальные решения в создании облика надземных объектов. Это – восстановление храма во имя

Изготовленные блоки



«Храм Памяти» на Поклонной горе





Врезка ТПМК на станции «Раменки»



Цех по выпуску блоков, г. Одинцово



Строительство ТТК. Участок от Андреевской наб. до ул. Вавилова – Гагаринский тоннель

Гребневской иконы Божией Матери в г. Одинцово, памятника архитектуры подмосковного зодчества XIX в., мемориал погибшим защитникам Москвы в Великой Отечественной войне в деревне Блознево Нарофоминского района, строительство комплекса здания Высшей школы экономики Российской Федерации «Вороново», станции спутниковой связи «НТВ-плюс» в Останкино и других объектов.

Надежное инженерное обеспечение сооружений осуществляется в технологических отделах – теплотехническом и электротехническом.

Теплотехнический отдел решает вопросы создания надежно работающих агрегатов, обеспечивающих заданные параметры и защиту окружающей среды от вредных выбросов.

В проектах большое внимание уделяется вопросам создания благоприятной санитарно-гигиенической обстановки.

В электротехническом отделе на высоком уровне ведется проектирование временного электроснабжения строительства.

Специалисты отдела принимают активное участие в создании надежного электрооборудования, удовлетворяющего самым высоким требованиям.

Каждый проект – это напряженная деятельность всех подразделений БКП.

Это выпуск проектно-сметной документации и организация планово-финансовой, хозяйственной, кадровой деятельности и отчетность бухгалтерской работы.

Имея четкую организационную структуру, БКП успешно выполнило и выполняет проектирование различных транспортных и инженерных сооружений, в частности, по выпуску проектной документации на строительство участка Люблинско-Дмитровской линии Московского метрополитена от станции «Марьино» до станции «Зябликово», а также участка Калининской ли-

нии от станции «Новогиреево» до станции «Новокосино» (функции генерального проектировщика).

С целью своевременного обеспечения строительства перегонных тоннелей ТПМК «Herrenknecht» БКП был разработан проект реконструкции бетонного завода в г. Одинцово со строительством цеха по выпуску блоков.

С благодарностью хочется отметить работу специалистов БКП, внесших на разных этапах времени неоценимый вклад в проектирование подземных сооружений и тех, кого уже нет, и тех, кто вышел на заслуженный отдых, и тех, кто работает сегодня – все они заслуживают теплых слов и высокой оценки своей деятельности.

Отмечая 70-летие Великой Победы, нельзя не вспомнить наших специалистов – участников Великой Отечественной войны, ныне уже ушедших от нас.

Мы низко приклоняемся и отдаем глубокую дань уважения А. Н. Елшину, Ю. Ф. Луфиренко, Г. Г. Макарову, В. С. Соловьеву, А. М. Филиппову, которые героически прошли долгие тернистые боевые дороги, а потом возрождали нашу землю своим самоотверженным трудом.

Все достигнутое – результат напряженного труда и высокого профессионализма наших специалистов.

Среди них 190 человек награждены орденами и медалями СССР и Российской Федерации, 16 человек являются лауреатами премий Ленинской, Государственной и Совета министров СССР, 2 человека заслуженными изобретателями РФ, 17 человек почетными строителями России, почетными транспортными строителями и почетным архитектором России.

Пользуясь случаем, хотим выразить свое уважение и благодарность всем нашим руководителям ОАО «Трансинжстрой» за то, что в трудное время они смогли все-таки сохранить коллектив БКП и не дали умереть нашей хорошей школе проектировщиков подземных сооружений.



(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

реклама

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

ПОДЗЕМНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА НА СЛУЖБЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА



20 марта 2015 года в Москве гостил президент Международной ассоциации тоннелей и подземного пространства (ITA), приехавший на празднование 25-летия образования Тоннельной ассоциации России. Президент ITA г-н Сорен Дайн Эскесен любезно предоставил редакции журнала «Метро и тоннели» содержание своего недавнего интервью западным информагентствам.

Сегодня мы публикуем вопросы, которые задавали президенту Международной ассоциации тоннелей и подземного пространства (ITA).

Сорен Дайн Эскесен, Копенгаген, Дания

– Последствия изменения климата заметны во всем мире: увеличивается количество и интенсивность наводнений и затоплений прибрежных морских территорий. Что же могут предложить подземные инфраструктуры для предупреждения угроз, существующих в отношении населения и различных сооружений?

– Сорен Дайн Эскесен: Сегодня все мегаполисы мира должны ответить на вызов, брошенный ускоряющимся градостроительством и изменением климата. Члены Ассоциации ITA уверены, что городское подземное пространство может быть использовано для решения многочисленных проблем современных городов.

Если предпринять необходимые меры заранее и действовать организованно, подземное пространство может внести свой вклад в сбалансированное развитие городских территорий, а именно помочь им адаптироваться к последствиям изменения климата.

Решение поставленных задач можно разделить на две группы.

Во-первых, использование подземного пространства может помочь сократить размеры углеродного следа, которые создают современные мегаполисы. Для решения этой задачи открыто множество возможностей. Первая из них предусматривает внедрение подземной транспортной сети с использованием возобновляемых источников энергии по примеру метро, которое работает на основе источников энергии, не выделяющих углерод. Другая возможность состоит в выработке энергии на основе «зеленых» источников, таких как вода. Когда речь идет о гидроэнергии, использование подземного пространства имеет особое значение при строительстве тоннелей для перемещения воды и подземных камер для электростанций.

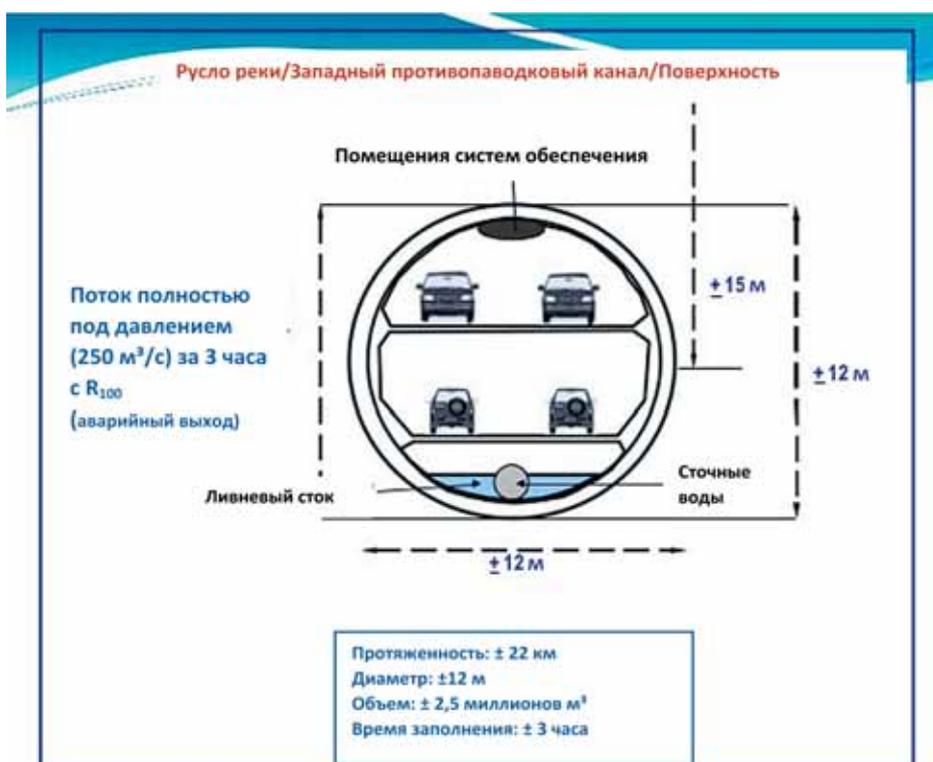
Использование подземного пространства позволило бы защитить города от наводнений благодаря применению тоннелей, регулирующих перемещение потоков воды. Принцип состоит в отводе воды через тоннели, чтобы предотвратить затопление поверхности, или же в создании подземных систем сбора и хранения вод в паводковый период.

Подобные решения применены во многих городах, например, в Буэнос-Айресе (Аргентина).

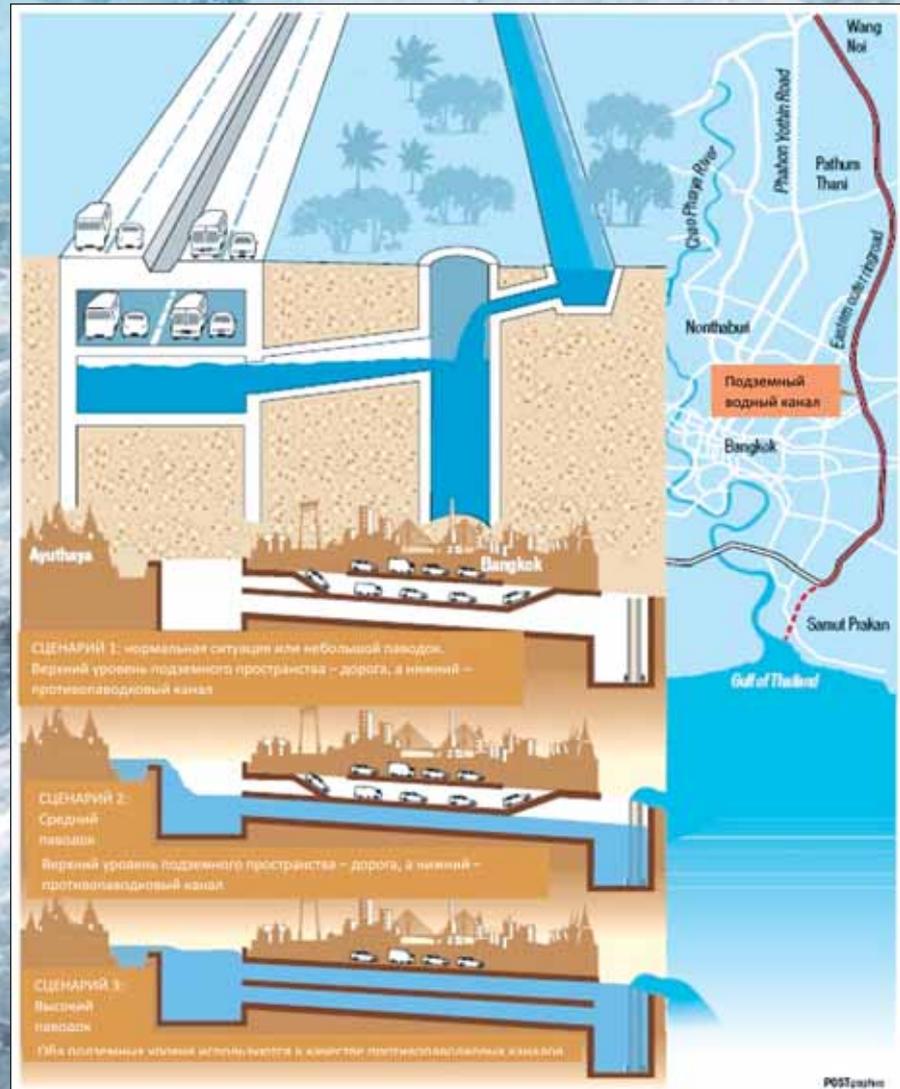
– А государства начинают осознавать, что подземные инфраструктуры мо-

гут во многих случаях защитить население и различные сооружения? Появляется ли в мировом сообществе какое-то понимание этого факта?

– С.Э.: Вот уже в течение нескольких лет ITA связывается с лицами, принимающими решения, и специалистами в области градостроительства, чтобы убедить их в необходимости использования подземного пространства. В рамках наших ежегодных конференций по тоннелям, которые прошли в Хельсинки, Бангкоке и Женеве с 2011 по 2013 г. мы провели множество открытых сессий, посвященных использованию подземного пространства в развивающемся мире.



Так будет работать
100-километровый
противоаводковый канал
под восточной кольцевой
дорогой согласно
предложениям
Инженерного института
Таиланда



Повсюду в мире города испытывают на себе давление в связи с ростом населения и должны удовлетворить в будущем потребности в энергоснабжении и транспорте; это нужно будет сделать при помощи более рациональных методов, чтобы сократить углеродный след и уменьшить последствия изменения климата.

Лица, ответственные за принятие решений, и различные организации говорят сегодня о подземном пространстве и ищут решения, которые позволили бы включить подземное пространство в строительный план городов, чтобы сделать их более адаптированными к потребностям современного мира.

Ассоциация ИТА поддерживает их действия в этом направлении. Отныне ассоциация признана ООН и приглашается к участию в совещаниях рабочих групп, запланированных в графике ООН.

Так, например, ассоциация ИТА была назначена в качестве партнера в экспертной группе по городскому дренажу в рамках программы ООН по населенным пунктам (ООН-Хабитат). Проект SMART в Куала-Лумпуре является великолепным тому примером.

ООН-Хабитат недавно выделил пять основных принципов в области городского дренажа. Один из них гласит, что эффективное использование тоннелей и подземного пространства необходимо, если этого требует ситуация. Тоннели и подземное пространство постепенно становятся неотъемлемой частью политики ООН. Да, международное сообщество осознает важность этого вопроса. Осознание является только первым этапом, но это уже шаг вперед, который показывает, что усилия ИТА начинают приносить плоды.

– Была ли возможность у ИТА участвовать в саммите по климату, который состоялся в Нью-Йорке в сентябре прошлого года, и привлечь внимание представителей правительств к решениям, которые вы предлагаете, чтобы ограничить последствия метеорологических изменений?

– С.Э.: Во время саммита ООН по климату, который состоялся в Нью-Йорке в сентябре

2014 г., председатель комитета по подземному пространству Хан Адмирал, а также я сам представляли Международную тоннельную ассоциацию (ИТА). В ходе этой исторически значимой встречи представители многих государств и различных организаций взяли на себя обязательства по борьбе с изменениями климата.

«Подземное пространство может способствовать снижению углеродного следа и защитить города от наводнений»

С этого момента стало ясно, что инвесторы делают ставку на всё более экологически чистые проекты, направленные на снижение выбросов углекислого газа. Данный процесс начался благодаря трем факторам, выделенным докладчиками конференции.

Во-первых, больше нет сомнений, что изменения климата кардинально меняют нашу среду обитания, и это вызвано деятельностью человека. Кроме того, оставаться пассивным при наличии подтверждений изменений климатических условий стоит отныне намного дороже современному обществу, чем предпринять действия для ос-

тановки данного процесса. И, наконец, одни только правительства не смогут ничего поменять, и участие частного сектора жизненно необходимо.

Это обязательство не должно быть результатом инициативы отдельного человека, а общими шагами предприятий, желающих действовать вместе на основе общих интересов. Они должны руководствоваться простым убеждением: если мы не сделаем что-то сейчас, то наша планета скоро исчезнет.

В ходе заключительной сессии ООН Генеральный секретарь Пан Ги Мун объявил о глобальном геотермическом союзе в области энергетики, что ясно подтверждает, что действия ИТА в области планового развития подземного пространства должны быть продолжены. Кроме того, ИТА должна продолжать уделять большое внимание другим важным областям, таким как транспортная и область градостроительства. Оба сектора будут играть решающую роль в создании экономики на основе низкого расхода углерода.

Все участники конференции ООН по климату сходятся во мнении, что предложение по использованию подземного пространства может стать интересным решением многих городских проблем.

Констатация этого факта является признанием компетентности ИТА как мирового лидера в области тоннелей и подземного пространства.

– Каким образом и при помощи каких научных и технических аргументов ваша отрасль может способствовать инвестированию государства в подземные инфраструктуры, чтобы ограничить разрушающее воздействие наводнений и затопления прибрежных морских территорий, которые, как нам известно, будут происходить всё чаще и в больших масштабах в последующие десятилетия?

– С.Э.: В нашей отрасли существуют технические решения, позволяющие контролировать наводнения, распределяя воду в тоннели, чтобы предотвратить её поднятие на поверхность. Начатые нами некоторые проекты подтвердили, что на сегодняшний день решения существуют. Стоит обязательно отметить, что дешевле, надежнее и эффективнее заранее предлагать решения, чтобы предупредить катастрофы. Мы должны убедить государства и правительство в необходимости инвестирования, чтобы избежать катастроф.

Средства вложены лучшим образом, когда они тратятся на снижение риска природной катастрофы, чем на реконструкцию города после такого стихийного бедствия, как наводнение.

Во всем мире на города давит проблема роста населения, и чтобы удовлетворить их

будущие потребности в энергии и транспорте существуют методы более рационального развития для того, чтобы сократить углеродный след и последствия климатических изменений.

Эффективно обеспечить передвижение людей важно для хорошего качества жизни и экономических успехов городов. Достижение этих целей зависит от того, каким

Международная ассоциация тоннелей и подземного пространства (ИТА) является международной некоммерческой негосударственной ассоциацией, цель которой продвигать использование подземного пространства в качестве одного из решений рационального развития. Основана в 1974 г. и находится в г. Лозанна в Швейцарии. На сегодняшний день в ИТА входит 71 страна-участница, 300 членом ассоциации, 15 основных спонсоров и 40 сторонников.

образом города используют своё подземное пространство. То, что происходит под землей, значительно влияет на то, что можно сделать на поверхности. Инвестируя в подземные пространства, вы освобождаете место на поверхности, чтобы сделать из города по-настоящему экономически сильный центр.

– Существуют ли в мире особенно крупные строительные объекты, на которых ведутся в настоящий момент работы с целью усилить безопасность населения и имущества в зонах, подверженных наводнениям, и если да, то какие?

– С.Э.: Юго-Восточная Азия, возможно, является регионом, в котором риск наводнения самый высокий. В Джакарте, столице Индонезии, наводнения случаются слишком часто. Начаты многочисленные проекты по обработке сточных вод, такие как тоннель, который соединит реку Чиливунг в районе Бидарачина с Восточным противонаводковым каналом в восточной части Джакарты. Но в долгосрочной перспективе самый значимый проект – это многофункциональный тоннель Джакарты, который основан на модели тоннеля SMART в Куала-Лумпуре.

После крупного наводнения в Бангкоке осенью 2011 г. Администрация города Бангкок (ВМА), а также члены ассоциации ИТА в Таиланде (TUTG) предложили множество решений, а частности, строительство тоннелей, чтобы предупредить подобные наводнения. Ассоциация TUTG предложила провести длинный многофункциональный тоннель из северной части столицы до моря. В настоящий момент ВМА укрепляет сеть дренажных тоннелей города. Строительство этого сооружения началось несколько недель назад. Протяженность тоннеля составит 6,4 км, а его диаметр – 5 м.

В других странах и регионах мира существуют другие проекты. Даже в моем родном Копенгагене, столице Дании, мы планируем построить тоннель, который будет одновременно выполнять функцию дренажного тоннеля и шестиполосной магистрали.

В настоящий момент на поверхности над этой зоной существует участок с очень напряженным дорожным движением, который идет вдоль реки, что в настоящий момент течет по дренажному тоннелю. Сделав дорогу подземной, комбинируя её с дренажным тоннелем, служащим для отвода крупных осадков, мы освободим место для реки, которая потечет по своему изначальному руслу. А рядом мы создадим зону отдыха для жителей города.

– В 2015 г. в Париже пройдет Всемирная конференция по климату, в ходе которой климатические аномалии вновь станут основным предметом дискуссий. О чем будет говорить ИТА в ходе своего выступления по этому поводу?

– С.Э.: В рамках нашей рабочей группы с ООН-Хабитат мы объясняли, какую роль подземное пространство может сыграть для выполнения функций дренажа и снижения рисков стихийных бедствий. Сегодня мы находимся на этапе, когда необходимо устанавливать контакты с городами и частными предприятиями с целью начать проекты, которые помогут в достижении поставленных задач.

Идея в том, чтобы отойти от концепций и теорий и перейти к конкретным действиям, особенно в отношении быстроразвивающихся городов, которым необходимы подобные инфраструктуры, но которые никогда даже не изучали данный вопрос. Наша задача – предложить решения проблем, с которыми сталкивается город, в частности, в области дренажа и регулирования водного потока.

Польза, которую мы получим от принятых сегодня решений, будет оценена будущими поколениями, таким же образом как мы сами оцениваем пользу от вклада, сделанного нашими бабушками и дедушками, как, например, строительство метро в таких городах, как Париж, Лондон, Нью-Йорк и т. д.

Жители современных городов продолжают пользоваться в своей повседневной жизни тем вкладом, который был сделан более 100 лет назад. ИТА находится как никогда близко к своей цели: привлечь мировое внимание и сделать всё необходимое, чтобы тоннели и подземное пространство считались жизненно важными для целей, которые наша планета никогда ещё себе не ставила. Мы взяли на себя обязательства по этим вопросам, и ИТА продолжит опережать события в своих предложениях и осуществлении решений для выполнения поставленных задач.

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА В ТОННЕЛЕ- И МЕТРОСТРОЕНИИ. РОЛЬ НАУКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВЫСОКОГО УРОВНЯ КАЧЕСТВА

В. А. Гарбер, д. т. н., НИЦ «Тоннели и метрополитены» ОАО ЦНИИС

Вопросы качества подземного транспортного строительства регламентированы актуализированными СНиП 32–04–97 (СП 122.13330.2012) «Тоннели железнодорожные и автодорожные» и СНиП 32–02–2003 (СП 120.13330.2012) «Метрополитены».

В предшествующие годы вопросы качества строительства регламентировались СНиП III–44–77 «Правила производства и приёмки работ. Тоннели железнодорожные, автодорожные и гидротехнические. Метрополитены» и СНиП 3.01.04.87 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения».

Качество строительства определяется наличием или отсутствием дефектов в сооружении.

Дефекты и их систематизация

Дефект – отклонение качества, форм или фактических размеров элементов и конструкций от требований нормативно-технической или проектной документации, которое имеет место при проектировании, изготовлении, транспортировке, монтаже и эксплуатации.

Дефекты, как каждое отдельное несоответствие установленным нормам, подразделяются в зависимости от их значимости.

Критический дефект – дефект, наличие которого значительно снижает надежность и долговечность конструктивных элементов или сооружения в целом, ставит под угрозу безопасность движения поездов и прохода пассажиров. Эксплуатация сооружений при наличии такого дефекта практически невозможна.

Значительный дефект – дефект, который оказывает значительное влияние на надежность сооружения, но при выполнении мероприятий неотложного характера можно осуществлять эксплуатацию сооружения на весь период проведения восстановительных работ, обеспечивая при этом безопасность движения и прохода пассажиров.

Малозначительный дефект – дефект, который не оказывает существенного влияния на надежность и долговечность сооружений, безопасность движения поездов и прохода пассажиров.

Рассмотрим эту классификацию на примере строительства и эксплуатации Московского метрополитена, который в настоящее время является самым динамичным развивающимся строительным объектом в России.

Многолетний опыт эксплуатации метрополитенов позволяет считать, что одной из наиболее значимых причин снижения эксплуатационной надежности и долговечности сооружений является воздействие на них агрессивных сред различного вида и характера.

Источником агрессивных сред является грунтовый массив, грунтовые воды заобделочного пространства и тоннельная атмосфера.

Сооружения метрополитена могут находиться под одновременным воздействием нескольких видов агрессии. Результатом воздействий на конструкции сооружений могут стать:

- потеря несущей способности обделки;
- преждевременный выход из строя рельсов, рельсовых скреплений, кабелей и других устройств;
- ухудшение параметров микроклимата в метрополитене.

Существуют следующие основные виды агрессии, воздействующих на сооружения и устройства метрополитена: физическая, химическая, микробиологическая и агрессия от воздействия блуждающих токов.

Каждый из видов агрессии при воздействии на материал обделок подземных сооружений обуславливает его коррозию (разрушение).

Физическая агрессия происходит под влиянием знакопеременных температур, влаги и механических воздействий.

Химическая агрессия возникает при действии на обделки кислот, солей, щелочей, газов, а на бетон и неминерализованных или слабоминерализованных вод.

Коррозия бетонных и железобетонных обделок

Подавляющее большинство обделок подземных сооружений метрополитена изготавливаются из бетона и железобетона. В процессе эксплуатации обделки подвергаются воздействию физических, химических и биологических факторов. Скорость коррозии возрастает при одновременном возрастании двух и более факторов.

Факторы, влияющие на развитие коррозии бетонных и железобетонных конструкций, делятся на две группы:

- связанные с воздействием внешней среды – атмосферных и грунтовых вод, пород, знакопеременных температур, блуждающих токов и др.;
- обусловленные свойствами материалов бетона конструкций – цемента, воды, заполнителей, добавок.

Разрушение бетона под действием физических факторов происходит в результате попеременного замораживания и оттаивания влаги, содержащейся в бетоне, расклинивающего действия пролитых на бетон масел, эмульсий,

смазок и других нефтепродуктов, кристаллизации солей при увлажнении бетона минерализованными водами и последующего их испарения со свободных поверхностей, а также из-за механических внешних воздействий.

Все коррозионные процессы по своему химическому воздействию на бетон обделок делятся на два вида.

К первому виду коррозии относятся процессы, в результате которых происходит растворение компонентов цементного камня (выщелачивание).

Ко второму виду агрессии относятся процессы, при которых происходят обменные реакции между компонентами цементного камня и агрессивной средой. Образующиеся в результате реакции легко растворимые соли с водой выносятся из цементного камня.

Особую опасность, с точки зрения обеспечения безопасности движения поездов, имеют течи с выносом породы. Чаще всего протечки наблюдаются в тоннелях последних очередей строительства, что объясняется более активным внедрением в последние два десятилетия железобетонных обделок, не обладающих высокими водонепроницаемыми свойствами. Ликвидация течей и особенно течей с выносом грунта – в процессе эксплуатации трудоемкое и дорогостоящее мероприятие.

Уменьшить расходы на ремонт сооружений можно повысив качество проектирования и строительства, разработав и используя правильную стратегию эксплуатации. Но во всех случаях защита сооружений от негативного воздействия окружающей среды должна иметь первостепенное значение.

На сегодняшний день большая часть сооружений метрополитена по истечении определенного срока эксплуатации, который, как правило, существенно ниже проектного, имеют отказ гидроизоляционной системы. В подавляющем большинстве случаев это приводит к дорогостоящему и неизбежному преждевременному ремонту сооружений.

Причин возникновения сложившейся ситуации много: это отсутствие нормативной и регламентирующей документации на вы-

полнение ремонтных и защитных работ, низкий уровень проектирования новых линий метрополитена, плохое качество строительства, псевдоэкономика средств.

Вместе с тем следует отметить, что на настоящий момент, когда на всех уровнях начинают более разумно подходить к расходованию средств, положение дел должно качественно улучшиться.

В современной практике защита подземных сооружений метрополитенов от обводненности ведется по двум основным направлениям: устранение или уменьшение водопритоков из окружающего грунтового массива и борьба с фильтрацией грунтовых вод через обделку подземных сооружений.

Мероприятия по внешнему водоотводу в практике эксплуатации подземных сооружений метрополитенов широкого распространения не получили. Это вызвано тем, что для осуществления большинства из них необходимы специальные технические средства и обладающие опытом работ кадры.

Мероприятия, предусматривающие повышение водонепроницаемости и закрепление окружающих пород, более надежные. Они позволяют не только предотвратить доступ воды к обделкам подземных сооружений, но и улучшить статическую работу конструкции. В большинстве случаев эти мероприятия выполняются с внутренней стороны подземных сооружений, а их эффективность зависит от непрерывности обработки всей площади обделки. Производство работ затрудняется в условиях движения поездов и потребности непрерывного функционирования отдельных обустroйств метрополитенов. Кроме того, мероприятия по повышению водонепроницаемости и закреплению окружающих пород трудоемки, требуют иногда значительных капитальных затрат и технических средств, высокой квалификации исполнителей на стадии их проектирования и производства работ. Однако, несмотря на трудности технического выполнения этих мероприятий, их надежность и достигаемый на долгие годы результат по снижению и устранению фильтрации являются основными показателями целесообразности.

Мероприятия по повышению водонепроницаемости обделок в практике эксплуатации подземных сооружений метрополитенов, по своей надежности, традиционной приспособленности эксплуатационников к их осуществлению, разнообразию технологических средств и квалификации исполнителей получили самое широкое распространение. Этому способствует и то, что данные мероприятия могут выполняться постепенно в течение долгих промежутков времени на отдельных, самых обводненных, участках подземных сооружений без значительных трудозатрат и одновременных капиталовложений.

Повышение водонепроницаемости и закрепление окружающих пород

Здесь входят следующие методы: силикатизация, цементация, битумизация, глинизация,

смолизация и электрохимическое закрепление грунтов

Мероприятия по ограничению блуждающих токов и защите сооружений от электрокоррозии

К ним относятся:

- увеличение переходного сопротивления между ходовыми рельсами и «землей» (телом тоннеля);
- устройство дополнительных отсасывающих пунктов;
- режимные мероприятия на тяговых подстанциях;
- уменьшение утечки тяговых токов на канавах депо и тракционных путях;
- снижение потенциалов рельсовых цепей;
- уменьшение падения напряжения в рельсовой сети;
- сокращение времени нахождения участков рельсовых цепей под напряжением (потенциалом) от обратных тяговых токов электропоездов, достигаемое применением устройства вентильного секционирования.

Очень сильно снижает переходное сопротивление увлажнение шпал грунтовыми водами, загрязнение промежуточных скреплений, высокая влажность в тоннелях. Поэтому первоочередные мероприятия должны быть направлены на обеспечение отвода грунтовых вод с верхнего строения пути, ликвидацию течей, снижение влажности в тоннелях.

Повышение водонепроницаемости сборных и монолитных бетонных и железобетонных обделок

Из всех опробованных способов повышения водонепроницаемости обделок подземных сооружений метрополитена, возведенных из монолитного или сборного бетона и железобетона закрытым способом работ, лучшие результаты дает комплекс мероприятий, предусматривающий:

- ликвидацию сосредоточенных течей;
- гидроизоляцию стыков сборных обделок;
- уплотнение зазора между обделкой и породой (создание за обделкой среды «геокомпозит»);
- уплотнение кладки обделки омоноличиванием трещиновато-пористых объемов;
- восстановление мест разрушения кладки обделок.

За время эксплуатации сооружений метрополитена было испробовано немало методов: инъекция цементного и цементно-песчаного раствора, бентонитовой глины, синтетических смол. Наряду с инъекциями широко применяются различные гидроизоляционные покрытия и мастики.

Инъекционные растворы на основе цемента

Инъекционные растворы на основе цемента могут быть двух видов:

- цементно-песчаные;
 - цементные с добавками и без добавок.
- Цементно-песчаные растворы используются для первичного нагнетания в зазор между обделкой и окружающими породами с целью обеспечения контакта «обделка-порода» для

равномерного распределения давления породы на обделку подземных сооружений, улучшения ее статической работы, уменьшения деформаций обделки, предупреждения осадок сооружений и поверхности.

Цементные растворы используются для выполнения контрольного и уплотнительного нагнетания с целью повышения водонепроницаемости обделки, уменьшения влияния на нее заобделочной среды, повышения долговечности и устранения фильтрации. Одним из примеров цементного раствора служит раствор на основе глиноземистого цемента, затвердевающий без усадки и в течение суток набирающий прочность до 80 %.

Инъекционные растворы на основе цемента должны обладать определенными физико-механическими и реологическими свойствами:

- растекаемость;
- расслаиваемость;
- размываемость;
- усадка раствора при твердении;
- вязкость;
- сроки схватывания;
- химическая стойкость;
- водонепроницаемость.

Цементно-зольные инъекционные растворы являются одной из разновидностей инъекционных растворов на основе цемента.

Добавки

Добавками называются минеральные, химические, органические или полимерные вещества, введение которых в растворные смеси цемент + вода позволяет целенаправленно улучшать одно или комплекс свойств инъекционных растворов, требуемых по условиям их подбора и назначения.

Добавки в смеси вводятся как в сухом порошкообразном, так и в жидком виде.

В зависимости от назначения, добавки подразделяются на следующие виды:

- минеральные активные;
- минеральные наполнители;
- поверхностно-активные, стабилизирующие и пластифицирующие;
- для регулирования сроков схватывания;
- для повышения коррозионной стойкости;
- для повышения морозостойкости и противоморозные;

• уплотняющие, повышающие прочностные деформационные и адгезионные свойства;

• повышающие водонепроницаемость.

Активно используются в последние годы карбамидные смолы, особенно для закрепления слабых и неустойчивых грунтов в заобделочном пространстве. Нагнетание в последнее уплотняющих растворов, как и химическое закрепление, дает положительные результаты, если процесс идет непрерывно, что осуществить в условиях действующего метрополитена при коротком рабочем «ночном окне» невозможно. Поэтому одной из основных задач является дальнейший поиск надежных и эффективных гидроизоляционных материалов.

Новые гидроизолирующие материалы и технологии

Развитие химической индустрии связано с непрерывным поиском, разработкой и производством новых материалов, обладающих комплексом ценных физико-механических и химических свойств. Среди таких материалов ведущее место занимают полимеры.

Рассматривая представленные в широком ассортименте различными фирмами-производителями гидроизолирующие материалы, можно сделать заключение, что неразрешимых проблем в обеспечении надежной гидроизоляции подземных сооружений, как в период строительства, так и в период эксплуатации, нет. Есть только проблема правильного выбора материалов для решения конкретных задач по гидроизоляции и технологии их использования.

Все новые гидроизолирующие материалы можно условно подразделить на группы:

- инъекционные гидроизолирующие материалы или системы;
- гидроизолирующие материалы для создания внешней гидроизоляции, используемые на основе обмазочной (окрасочной) пропитывающей и проникающей технологий;
- гидроизолирующие материалы для герметизации стыков бетонных и металлических строительных конструкций;
- сверхбыстротвердеющие смеси для герметизации активных протечек.

Инъекционные гидроизолирующие материалы, изготавливаемые из полимеров и на цементной основе с добавлением полимеров, имеют широкий спектр использования. Прежде всего – это инъектирование строительных конструкций на больших площадях заобделочного пространства между несущей конструкцией и породой.

Гидроизолирующие материалы для создания внешней гидроизоляции можно подразделить на группы: обмазочные, пропитывающие и уплотняюще-проникающие.

Среди гидроизолирующих материалов для создания внешней гидроизоляции и наибольшим ассортименте представлены окрасочные и обмазочные, изготавливаемые как на сугубо полимерной основе, так и на базе полимермодифицированных цементных смесей.

Новые гидроизолирующие материалы для герметизации стыков бетонных и металлических конструкций изготавливаются на основе полиуретановых и эпоксидных смол тикона в виде одно- или двухкомпонентных составов или лент, клеящихся к поверхностям при помощи специальных клеев. Они имеют высокую адгезию к металлу и бетону.

При выборе материалов для производства гидроизоляционных работ следует ориентироваться на условия их применения, наличие активного давления воды, требования по влажности воздуха на период эксплуатации сооружения, качество и стоимость профессиональных материалов для производства гидроизоляционных работ, технологию нанесения, контроль качества, наличие квалифицированных кадров, безопасность производства работ.

При приемке в эксплуатацию подземных транспортных объектов следует контролировать регламентированные в выше указанных СНиП предельные отклонения параметров конструкций, профиля выработки и производства отдельных видов строительного-монтажных работ.

В качестве примера см. табл.

В заключение по вопросу качества следует отметить, что сложившаяся сегодня ситуация в эксплуатации подземных сооружений требует повышения надежности гидроизоляционных работ, направленных на устранение протечек воды, способствующих ускоренному износу и выходу из строя их конструкций.

При этом, учитывая важность соблюдения габаритности сооружений, необходимо строго соблюдать допуски на отклонение фактических внутренних размеров сооружений от проектного очертания.

Научные исследования

Научные исследования в области высокого уровня качества подземных транспортных сооружений за последние 25 лет были посвящены созданию методов и средств обеспечения эксплуатационной надежности и долговечности действующих и строящихся сооружений.

За указанный период НИЦ «Тоннели и метрополитены» ЦНИИС выпустил ряд трудов, отражающих широкий спектр научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ коллектива.

Приведем некоторые из этих публикаций:

- «Научные основы проектирования тоннельных конструкций с учётом технологии их сооружения»;

- «Метрополитен. Долговечность тоннельных конструкций в условиях эксплуатации и городского строительства»;

- «Методика комплексного обследования состояния строительных конструкций сооружений метрополитена, попадающих в зону влияния строительства городских объектов»;

- «Правила использования территорий технических и охранных зон метрополитена в городе Москве»;

- «Тоннели и метрополитены. Наука, проектирование, строительство, эксплуатация».

В 1991–2000 гг. основное внимание уделялось следующим направлениям:

- проектирование подземных конструкций в агрессивных средах и в условиях карстово-суффозионной опасности;

- автоматизация расчета подземных конструкций с учетом нелинейных свойств системы «порода-обделка»;

- обеспечение эксплуатационной надежности тоннелей метрополитенов в условиях развития городской инфраструктуры.

Десятилетие с 2001 по 2011 г. охарактеризовалось следующими работами:

- оценка влияния строительства новых объектов городской инфраструктуры на техническое состояние эксплуатируемых сооружений метрополитена;

- прогнозирование влияния строительства новых линий метрополитена на состояние земной поверхности и расположенных на ней зданий и сооружений;

Таблица

Допустимые отклонения фактических размеров сборных обделок от проектного положения

Тоннель круглого очертания в сборной железобетонной (включая обделку, обжатую в породу) и металлической обделке	Отклонение, мм	Отклонение, мм
Диаметр (эллиптичность) колец		
в зоне монтажа	±25	
вне зоны монтажа	± 50	
центр колец от оси тоннеля вне зоны монтажа в плане и профиле	± 50	По радиусу под углом 45°±71
смещение пикетажа	± 15	
Первое кольцо		
фактическое расстояние от продольной оси	±25	
лотковые сегменты	±30	
горизонтальный диаметр	20	
диаметр под углом в 45° и 135°	±15	
свод	от +10 до +50	
Радиус сборного кольца		
вертикальный	+40	
горизонтальный	-20	
под углом в 45° и 135°	±15	
фактический центр сборного кольца	±50	По радиусу под углом 45°±71
фактическая отметка лотка	±30	
вертикальное и горизонтальное опережения	±30	
кручение кольца	±20	
вертикальное и горизонтальное опережение плоскости кольца	±30	



Ликвидация аварии на строительстве метрополитена в Москве

- определение фактического запаса прочности конструкции расчетным путем на основе результатов натурного обследования конструкций и породного массива.

Сравнение фактического и теоретического запасов прочности конструкции позволяет выработать мероприятия по обеспечению эксплуатационной надежности рассматриваемого тоннеля.

Основными показателями безопасности эксплуатируемых тоннелей действующего метрополитена являются:

- прочность конструкции;

- отсутствие деформаций конструкции;
- надежность и долговечность гидроизоляции сооружений;
- надежность работы систем СЦБ, связи и автоматизации;
- надежность работы систем шахтного водоотлива и тоннельной вентиляции.

При этом особое внимание должно быть обращено на следующие факторы:

- степень возможной негабаритности тоннелей главных путей метрополитена в результате деформаций конструкции;
- изменение профиля и плана путей метрополитена в результате пространственных перемещений участков тоннелей под воздействием сооружения новых городских объектов.

При строительстве новых объектов городской инфраструктуры, расположенных в зоне прохождения эксплуатируемых линий метрополитена, возможно возникновение аварийных ситуаций, негативно влияющих на эксплуатационную надежность объектов метрополитена. В связи с этим необходимо осуществлять мониторинг технического состояния эксплуатируемых объектов метрополитена в процессе строительства городских объектов, расположенных в зоне влияния метрополитена, с принятием оперативных решений по предотвращению нештатных (аварийных и предаварийных) ситуаций в процессе строительства.

В выпущенных документах впервые определялось и регламентировалось понятие «техническая зона эксплуатируемого метрополитена».

Регламентируется наличие следующих зон городской территории:

- зона землепользования;
- техническая зона первой категории – определяется по техническим параметрам взаимного влияния городской застройки и сооружений метрополитена;

- техническая зона второй категории – определяется по экологическим параметрам;
- техническая зона третьей категории – определяется по природно-техногенным факторам.

Техническая зона – часть городской территории с расположенными на ней строениями и подземными коммуникациями, находящаяся в зоне взаимного или одностороннего влияния подземных и наземных сооружений метрополитена и расположенных на этой территории объектов, а также территория, необходимая для организации нормального прохода пассажиров на вход в метро и выход из него, периодического технического обслуживания, ремонта и реконструкции сооружений и устройств метрополитена.

Использование городских территорий в пределах технических зон метрополитена производится, в основном, с учетом следующих правил:

- в пределах технических зон все работы, связанные с изменением планировки местности, прокладки и перекладки инженерных коммуникаций должны быть согласованы со службой тоннельных сооружений метрополитена;

- землепользователь в пределах технических зон метрополитена должен содержать в исправном состоянии все водоотводные устройства и коммуникации;

- служба тоннельных сооружений и служба электроснабжения метрополитена в пределах технических зон метрополитена имеет право контролировать содержание водоотводных устройств и коммуникаций и ставить вопрос перед землепользователем об устранении недостатков;

- землепользователи-застройщики в пределах технических зон метрополитена обязаны выполнять все требования метрополитена;

- в пределах технических зон землепользователь должен вести контроль состояния деревьев и кустарников, своевременно производить их обрезку и, при необходимости, вырубку. При этом высота дерева не должна превышать горизонтального расстояния от места его посадки до ограждающего забора метрополитена.

В настоящее время специалисты Центра принимают активное участие в научно-техническом обеспечении проектирования новых линий Московского метрополитена, разрабатывая технические решения по обеспечению безопасности как строящихся объектов метрополитена, так и эксплуатируемых сооружений, находящихся в зоне возможного влияния строительства.

Ключевые слова

Дефект отделки, гидроизолирующий материал, эксплуатационная надежность тоннеля.

Для связи с автором

Гарбер Владимир Александрович
GarberVA@tsniis.com



ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА СТАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ОТКРЫТОГО СПОСОБА РАБОТ

В. Р. Гоппе, к. т. н., научный сотрудник, Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)



В данной статье рассматриваются технико-экономические резервы при строительстве станций открытого способа работ на примере одной из сооружаемых станций третьего пересадочного контура (ТПК) Московского метрополитена.

Приведены реализованные на стадии строительства некоторые конструктивные решения сооружаемой станции, обозначены технико-экономические резервы в этих решениях, возможности их оптимизации, экономии финансовых ресурсов, трудозатрат и сокращения сроков строительства подобных объектов. В заключение даны рекомендации по организации дополнительных организационно-технических мероприятий, которые реально позволяют снизить стоимость строительства аналогичных объектов.

Технико-экономические резервы в конструкциях крепления котлованов станционных комплексов

Конструкция крепления котлована на рассматриваемой станции состоит из ограждения его буросекущимися сваями диаметром 1200 мм («стена в грунте») и ярусной распорной системы, состоящей из поясов, выполненных из спаренного двугавра (№ 35Б1-55Б1) и расстрелов из стальных труб (верхние ярусы диаметром 630 мм, средние – 720 мм, нижний – 820 мм). Глубина котлована составляет в среднем 21 м (рис. 1).

Конструкция из буросекущихся свай («стена в грунте») принята из-за высокой обводненности массива окружающих станционный комплекс пород (грунтов).

С технической точки зрения такой тип конструкции является многократно апробированным в различных комбинациях. В зависимости от глубины, ограждение котлована выполняют буросекущимися сваями разного диаметра (диаметр и армирование принимают по расчету), также по расчету назначают конструкцию и количество поясов расстрелов.

При рассмотрении вышеуказанной конструкции обращает на себя внимание при обеспеченной надежности ее избыточность.

Рассмотрим основные элементы данной конструкции.

Во-первых, нерационально расположены пояса распорного крепления: верхний пояс –

слишком высоко (близко к поверхности земли).

Такое расположение верхнего пояса было бы целесообразным, а в некоторых случаях даже необходимым, если бы вблизи от борта котлована располагались какие-либо массивные здания и сооружения. При этом требовалось бы максимально уменьшить горизонтальное смещение борта (ограждения) котлована в зоне его пригрузки указанным зданием или сооружением.

Известно, что если возможно, необходимо использовать работу верхней части несущего ограждения котлована в качестве консоли – как правило, наиболее эффективным оказывается назначение пролета консоли в пределах 4 м.

В данном случае борт котлована не пригружен близко расположенным сооружением. Таким образом, верхний пояс распорного крепления целесообразно было бы расположить ориентировочно на 4 м от поверхности земли.

Во-вторых, очевидно, что сместив верхний пояс ниже,



Рис. 1. Пятиярусное распорное крепление котлована



Рис. 2. Конструктивные элементы из монолитного железобетона: а – стена толщиной 1000 мм; б – перекрытие толщиной 800 мм

можно было бы обойтись максимум четырьмя, а минимум тремя поясами распорного крепления (исключить один или даже два пояса – это можно показать расчетом, при наличии результатов инженерно-геологических условий и армирования свай ограждения котлована).

В-третьих, представляется, что диаметр свай ограждения котлована при фактическом количестве поясов распорного крепления (б) мог быть принят меньше – в пределах диаметра 800 мм. Существенно мог быть сокращен объем буровых и бетонных работ при устройстве свай ограждения котлована.

Технико-экономические резервы в конструктивных решениях станционных комплексов

В конструктивном решении станционного комплекса использованы жесткие рамные конструкции из монолитного железобетона. Толщина лотковой части составляет 1000–1200 мм, стен – 1000 мм (рис. 2а), перекрытия – 800 мм (рис. 2б).

С технической точки зрения такой тип конструкции является также многократно апробированным в различных комбинациях.

Однако при рассмотрении вышеуказанного конкретного случая обращает на себя

внимание, при безусловной надежности, избыточность принятой конструкции.

Во-первых, понятно, что несущая способность очень мощной «стены в грунте» из буро-секущихся свай не учитывается в совместной работе с конструкцией станции, т. к. она отделена пазухой. Очевидно, что включение ее в работу позволило бы минимизировать толщину стен рамной конструкции станционного комплекса. Перекрытие станционного комплекса также могло быть оптимизировано.

Для примера можно сослаться на еще советский опыт метростроения. Толщина элементов станционных комплексов (по типовой серии ТС) в сборно-монолитном варианте принималась, как правило: лотка – 300 мм; стен – 350 мм; перекрытия ребристого станционного в зависимости от пролета – от 500 до 700 мм (рис. 3).

При этом известно, что строительная индустрия СССР была ориентирована на минимизацию расхода арматуры (металла) при строительстве объектов народного хозяйства, в т. ч. и метрополитенов.

Во-вторых, очевидно, что, выполнив перекрытие ребристым, можно было бы существенно сэкономить на объеме бетона при устройстве конструкции перекрытия. В зару-

бежном и отечественном монолитном строительстве уже давно освоена технология устройства ребристых перекрытий именно по причине экономичности такого решения.

По приблизительным подсчетам применение ребристого перекрытия в данном случае могло бы сэкономить на станционном комплексе (не считая камеры съездов и тупиков) около 3500 м³ бетона.

В-третьих, ограждение котлована – несущая «стена в грунте» – не включено в работу в составе постоянной конструкции станционного комплекса. При учете «стены в грунте» в составе постоянной конструкции станционного комплекса существенно были бы сокращены:

- ширина котлована – исчезли бы пазухи шириной по 1,2 м с каждой стороны котлована;
- объемы бетонных работ при устройстве несущих наружных стен комплекса;
- трудоемкость гидроизоляционных работ (см. ниже).

Сокращение толщины стен по приблизительным подсчетам в данном случае могло бы сэкономить на станционном комплексе около 4000 м³ бетона.

По лотковой части сокращением толщины можно было сэкономить на станционном комплексе около 4000 м³ бетона.

Итого по станционному комплексу экономия приблизительно 11500 м³ бетона (ориентировочно 250 млн р.).

В данном случае необходимо дополнительно рассмотреть возможность всплытия конструкции станционного комплекса. Ясно, что высокая обводненность массива приведет к появлению выталкивающей силы на замкнутый (гидроизолированный) объем комплекса. В некоторых случаях массивность конструкций (собственный вес) приходится искусственно завышать наращиванием сечений элементов. Это является дополнительным аргументом в пользу того, что в аналогичных случаях необходимо организовывать конструктивную связь станционного комплекса со «стеной в грунте» ограждения котлована – это позволит организовать дополнительный пригруз, препятствующий всплытию. Необходимы также и другие мероприятия, которые позволят в целом не наращивать сечения элементов станционного комплекса ради пригруза от всплытия.

Технико-экономические резервы в типе и конструкции гидроизоляции станционных комплексов

В конструктивном решении по гидроизоляции станционного комплекса также использованы многократно апробированные технические решения – наплавляемая гидроизоляция из трех слоев битум-полимерного рулонного материала.

Созданная гидроизоляционная мембрана защищается:

- в лотковой части стяжкой из мелкозернистого бетона;

Рис. 3. Пример габаритов элементов вестибюля станционного комплекса (по типовой серии ТС) в сборно-монолитном варианте

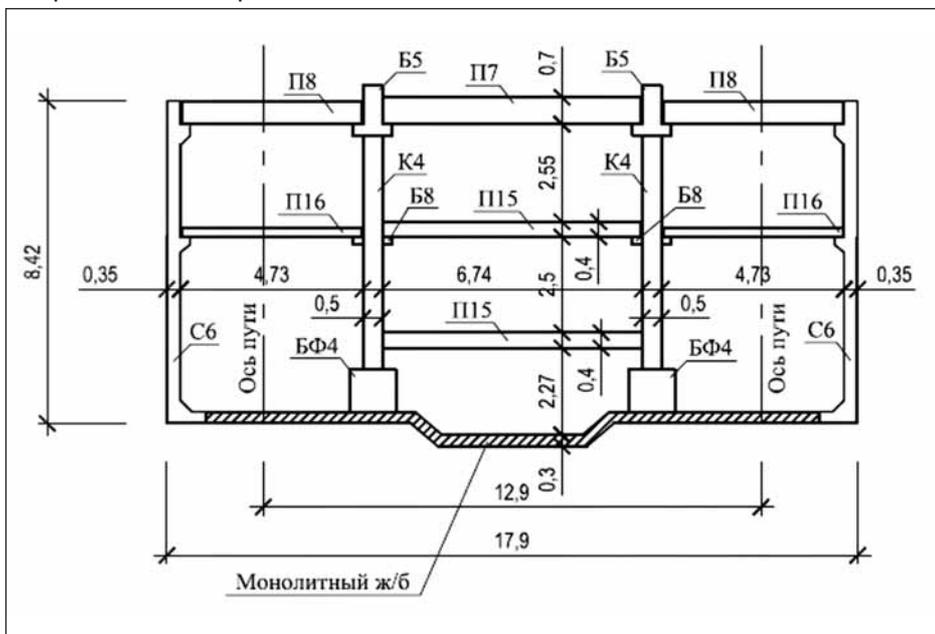




Рис. 4. Защита гидроизоляционной мембраны по стенам кирпичной кладкой в полкирпича



Рис. 5. Обычное качество поверхности свай ограждения после вскрытия котлована

- по стенам кирпичной кладкой в полкирпича (рис. 4);
- по перекрытию армированной сеткой стяжкой из мелкозернистого бетона.

Такая конструкция является классической и полностью соответствует СП120.13330.2012.

Но и здесь при безусловной надежности принятого конструктивного решения обращает на себя внимание его избыточность.

Во-первых, очевидно, что из-за того, что принята конструкция станционного комплекса не предполагает совместной работы рамной конструкции и ограждения котлована (несущая «стена в грунте») имеются пазухи шириной по 1,2 м с каждой стороны котлована, что требует защиты гидроизоляции стен кирпичной кладкой (см. рис. 4), а также затрат на засыпку пазух котлована.

Для того чтобы исключить из конструкции пазухи и необходимость защиты гидроизоляции стен кирпичной кладкой требуется для стен применить гидроизоляцию с использованием геомембран – такой тип гидроизоляции широко применяется при строительстве тоннелей горным способом, технология устройства ее апробирована и также соответствует СП120.13330.2012.

Необходимость применения геомембран при таком конструктивном решении связана с тем, что устройство изоляции из рулонных битумно-полимерных материалов, наклеиваемых методом наплавления, потребовало бы очень тщательной подготовки поверхности стены из свай под изоляцию. К таким работам относятся очистка свай от грунта (обычное качество поверхности свай ограждения после вскрытия котлована (рис. 5) не пригодно для непосредственного наклеивания ковра) и устройство выравнивающей железобетонной стенки по сваям – в целом весьма трудоемкие и затратные операции.

Для повышения надежности гидроизоляции станционного комплекса целесообразно также разрабатывать и применять систе-

мы сброса гидростатического давления со стороны окружающего массива пород.

Выводы

По рассмотренным в данной статье техническим решениям станционного комплекса целесообразно провести научно-исследовательские (научно-практические) работы по следующим темам:

- «Разработка современной методики назначения параметров крепления котлована в зависимости от глубины его заложения и инженерно-геологических условий»;
- «Разработка технического предложения по рациональным конструкциям станций открытого способа работ из монолитного железобетона с учетом совместной работы конструкции станции и ограждения котлована типа «стена в грунте»;
- «Разработка технического предложения по рациональным конструкциям гидроизоляции для станций открытого способа работ из монолитного железобетона с учетом совместной работы конструкции станции и ограждения котлована типа «стена в грунте».

Разработка и внедрение технических решений по данной тематике позволит в дальнейшем избежать повышенных затрат при сооружении станционных комплексов открытого способа работ Московского метрополитена.

Заключение

В реалиях проектирования и строительства новых линий Московского метрополитена отсутствует важнейший элемент инвестиционного процесса – предпроектные проработки концепций строительства. Как видно из вышесказанного, это существенно удорожает строительство – объемы удорожания достаточно высоки.

Для того чтобы реально снизить стоимость строительства метрополитена необходимо:

- проводить предпроектные проработки концепций строительства новых линий метрополитена – стоимость таких проработок (5 % от стоимости Проектной документации) несоизмеримо ниже, чем то удорожание, которое получается за счет применения недостаточно проработанных проектных решений;

• проводить негосударственную экспертизу концепций строительства с привлечением ведущих научно-исследовательских организаций. Это связано с тем, что Государственная экспертиза Проектной документации в своей работе не принимает во внимание и не анализирует возможные предпроектные концептуальные варианты линий, а рассматривает представленную на экспертизу Проектную документацию как готовую концепцию с минимальными необходимыми требованиями к ней (в силу п. 6, ст. 3 ФЗ № 384 «Технологический регламент безопасности зданий и сооружений»);

• по результатам негосударственной экспертизы утверждать перечень необходимых научно-исследовательских работ для обеспечения эффективной работы проектных организаций при разработке документации стадии Проектная документация на строительство новых линий метрополитена;

• по результатам негосударственной экспертизы утверждать на НТС Департамента строительства г. Москвы к дальнейшей разработке прошедшие экспертизу концепции и перечень необходимых научно-исследовательских работ.

Ключевые слова

Распорное крепление котлована, защита геомембраны, «стена в грунте».

Для связи с автором

Гюппе Виталий Рейнгольдович
vrhoppe@yandex.ru



ЭФФЕКТИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ВИБРОЗАЩИТНОГО ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ МЕТРОПОЛИТЕНА

THE EFFECTIVE ANTIVIBRATION UNDERGROUND RAILWAY SUPERSTRUCTURE

М. А. Дашевский, д. т. н., ООО «Вибросейсмозащита»

В. В. Моторин, к. т. н., ООО «Вибросейсмозащита»

M. Dashevskij, doctor science, «Vibroseismoprotection» private company

V. Motorin, PHD, «Vibroseismoprotection» private company

В статье предложена и обоснована новая конструкция виброзащитного верхнего строения пути метрополитена (ВВСП), обеспечивающая высокую степень защиты зданий и сооружений от вертикальной и горизонтальной вибрации и структурного шума, возникающих в помещениях прилегающих зданий и сооружений при движении метropоездов в тоннелях неглубокого заложения. Предыдущая модификация ВВСП успешно эксплуатируется в Москве с 2003 г. Новая конструкция скорректирована применительно к полупалкам LVT-M1, освоенных «РЖД Строем» и применяемых в Москве, и состоит из комплекта резиновых пластин, установленных между полупалком и путевым бетоном: нового, перфорированного опорного элемента и оболочки из боковых ребристых элементов, скорректированных применительно к LVT-M1 и заделанных внешними сторонами в путевой бетон. Расчетом подтверждено соответствие новой конструкции ВВСП всем требованиям СНиП 32-02-2003 (Актуализированная редакция). Эффективность виброзащиты в октаве 31,5 Гц составляет 15-16 дБ.

The article proposes and substantiates a new antivibration superstructure (AVSS) design for subway, which provides a high protection degree for buildings and structures from vertical and horizontal vibration and structure-borne noise occurring in nearby buildings and structures rooms with the shallow subway metro trains movement. Previous AVSS modification has been successfully operating in Moscow since 2003. The new design is adjusted to half cross-sleepers LVT M, used by JSC «RZDstroy» in Moscow, and consists of a rubber plate set mounted between half cross-sleeper and concrete trackform: a new, perforated support element and the side rib shell embedded in the concrete trackform on their external sides. The calculation confirms that the new AVSS design meets all the requirements of SNIP 32-02-2003 (The updated edition). The vibration protection efficiency in the octave of 31,5 Hz is 15-16 dB.

Введение

В связи с резким увеличением в г. Москве объемов строительства линий метрополитена неглубокого заложения, в том числе в застроенных районах, актуальной стала оценка возможности создания и размещения эффективной виброзащиты в источнике возбуждения – в тоннеле метрополитена. Зона виброзащиты – санитарная зона метрополитена, занимающая полосу от линии непосредственно над осью тоннеля до линии приблизительно в 40–45 м от наружных его стенок. В статье рассмотрена конструкция виброзащитного верхнего строения пути (ВВСП), пригодного для виброзащиты зданий и сооружений с точки зрения её эффективности и технологичности – путь на полупалках LVT-M1, снабженных сборными виброзащитными резиновыми оболочками VSP, разработанными ООО «Вибросейсмозащита».

В настоящее время существует система LVT-НА из семейств LVT – как один из вариантов виброзащитных ВСП на полупал-

ках. В этой конструкции под полупалком установлена виброзащитная упругая подкладка из материала типа Sylomer SR 110, толщиной 18 мм, а сам полупалок помещен в тонкий чехол из эластомера. Конструкция предъявлена для использования на участках трасс, где расположены здания, попадающие в санитарную зону метрополитена. Как известно, основной характеристикой виброзащитных свойств ВСП является значение собственной частоты колебаний виброизолированного полупалка, нагруженного приходящейся на него неподдрессоренной массой вагона. Используя формулу для частоты системы масса – пружина ($f_0 = 1/2\pi \times (C/M)^{0,5}$ Гц), в первом приближении определено значение собственной частоты блока LVT-НА: $f_0 = 22,5$ Гц, где $M^{пр} = 774,3$ кг (неподдрессоренная масса, приходящаяся на один полупалок) и $C = EF/h = 15,5$ МН/м (динамическая жесткость прокладки). Поскольку в Москве на глубинах до 15–20 м доминируют слабые песчано-глинистые грунты, в них при про-

хождении поездов метрополитена индуцируются низкочастотные колебания (16–30 Гц), и применение LVT-НА приведёт к дополнительному усилению этих колебаний. В результате неизбежно появление резонансных колебаний тоннельных обделок и перекрытий в прилегающих к тоннелям зданиях, поскольку частоты 20–35 Гц являются для перекрытий также резонансными. Поэтому система LVT-НА не может рассматриваться как универсально виброзащитная, она пригодна только для тоннелей, проложенных в породах скального типа, и требует усовершенствования.

1. Определение нагрузок на полупалок

В качестве исходной принимается расчетная нагрузка от четырёхосного вагона, передаваемая на путь в ночное время (до 36 пассажиров в вагоне), либо в дневное время (до 120 пассажиров в вагоне), либо соответствующая СНиП 32-02-2003 (60 тс, по 15 тс на каждую ось, рис. 1). Вес пустого вагона составляет 33 тс (включая две тележки с колёс-

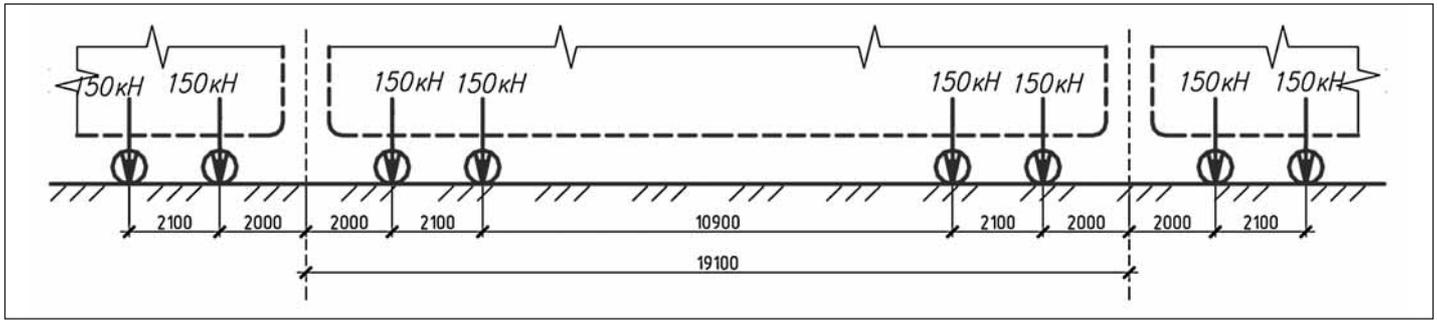


Рис. 1. Схема нагрузок по СНиП 32-02-2003

ными парами – 2×7,5 тс). Эпюра шпал – стандартная, 61 см между осями, схема нагрузок соответствует СНиП 32-02-2003 (база тележки между осями колесных пар – 2,1 м, расстояние между осями внутренних пар колёс – 10,9 м, расстояние между осями крайних колесных пар соседних вагонов – 4,0 м, габарит вагона – 19,0 м). Незначительные колебания в величинах этих параметров для разных типов вагонов не влияют на итоговую оценку виброзащитных свойств рассматриваемых конструкций ВСП.

Вес пустого вагона с двумя тележками и восемью колесными парами – $P_0 = 33000$ кгс. Из анализа линий влияния для рельсового пути на виброизоляторах следует, что нагрузка от колеса распространяется в среднем на три полушпалка, колеблясь на расчетном участке (база тележки 2,1 м) в зависимости от усреднённой погонной жесткости виброзащиты, являющейся в модели ВСП коэффициентом постели для пути как бесконечной балки на упругом основании.

Расчетные нагрузки на колесо и полушпалок:

- ночной вагон $P_1 = (33000 \text{ кгс} + 75 \text{ кгс} \times 36 \text{ чел.})/8 = 4462,5$ кгс; нагрузка на полушпалок: $P_1^{\text{шп}} = 4462,5/3,0 = 1487,5$ кгс ($14,592 \text{ кН} \approx 14,6 \text{ кН}$);
- реальный дневной нагруженный вагон $P_2 = (33000 \text{ кгс} + 75 \text{ кгс} \times 120 \text{ чел.})/8 = 5250$ кгс; нагрузка на полушпалок: $P_2^{\text{шп}} = 5250/3,0 = 1750$ кгс ($17,168 \text{ кН} \approx 17,2 \text{ кН}$);
- нормативный нагруженный вагон $P_3 = 60000/8 = 7500$ кгс; нагрузка на полушпалок: $P_3^{\text{шп}} = 7500/3,0 = 2500$ кгс ($24,525 \text{ кН} \approx 24,5 \text{ кН}$).

Предполагается, что в колебательном процессе принимают участие только неподдрессоренные массы тележек с колёсами и масса участка ВВСП (рельс длиной 61 см, полушпалок, крепление; масса участка рельса с креплением АРС и полушпалком LVT-M1 $m_p = 118,4$ кг). Масса вагона с пассажирами, вследствие мягкой подвески, в колебательном процессе не участвует, но вместе с тележками и колёсами создаёт квазистатическую нагрузку на верхнее строение пути, определяя его вертикальное смещение. Масса двух колеблющихся неподдрессоренных тележек (с четырьмя колёсами каждая) $2P_T = 14960$ кг; масса в расчете на одно колесо $m = 14960/8 = 1870$ кг; на один полушпалок $m = 1870/3 = 623,3$ кг; суммарная колеблющаяся масса, приходящаяся на один полушпалок, $m = 741,7$ кг.

Таблица

Эффективность виброизоляции ВСП метрополитена по измерениям на ул. 1905 года

Частота, Гц	Невиброизолированный путь, Л, дБ	Виброизолированный путь, Л, дБ	ΔL , дБ
17–18	63,9	70,8	+ 6,9*
25–27	88,3	82,6	-5,8**
36–38	93,5	75,4	-18,1
48–50	93,8	71,8	-22,0
65,2–68,5	97,2	66,7	-30,5

Примечание. *Всплеск на резонансной частоте виброизолятора $f = 17,8$ Гц
** Первая собственная частота кольца тоннельной обделки $f = 27-28$ Гц

2. Эффективность реализованной виброизоляции ВСП-2003

Впервые виброзащитная система, размещенная на полушпалках, была реализована в практике московского метростроения в 2003 г. для защиты 17-этажного панельного жилого дома, расположенного на ул. 1905 года, вл. 23, в 13 м от линии метро неглубокого заложения.

Ориентировочная первая частота поперечных колебаний стен и перекрытий в жилых зданиях $f = 28-48$ Гц. Поскольку эффективность в диапазоне частот 16–30 Гц сильно зависит от собственных частот опорного виброизолятора, конкретных конструктивных элементов зданий и тоннельной обделки и особенно значительно возрастает в зоне звуковых частот (выше 35,0 Гц), пооктавная «средняя» эффективность не даёт пол-

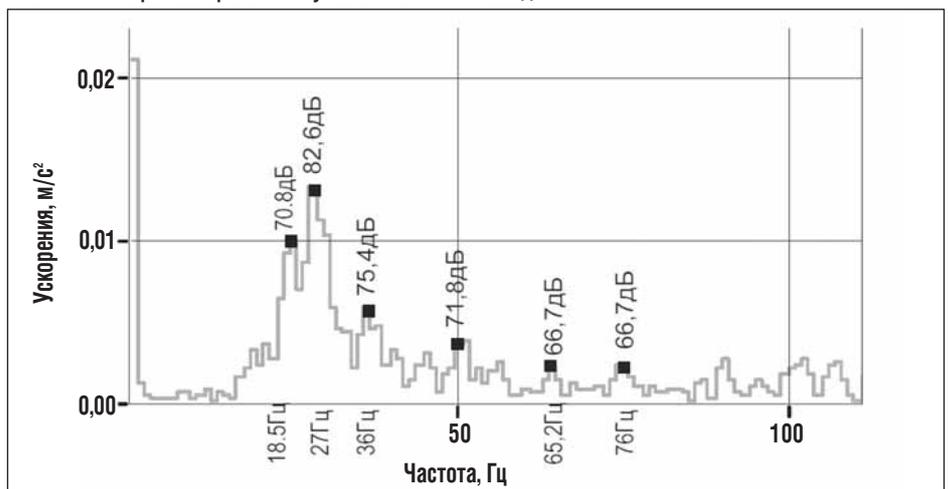
ного представления о действительной эффективности виброизоляции ВСП. Это обстоятельство хорошо видно из приведенной таблицы и иллюстрируется измеренными спектрами колебаний грунта над стенкой тоннеля на защищённом и обычном участках пути при проходе одного и того же поезда (рис. 2 и 3).

3. Система VSP-2014 на полушпалках LVT-M1

3.1. Конструктивное решение

Корректировка виброзащиты ВВСП применительно к полушпалку LVT-M1. Поскольку конструкция опорного и боковых элементов системы VSP была разработана для системы АБВ, она была скорректирована для размещения на полушпалках системы LVT. В полушпалке типа LVT-M1 использована идея системы VSP, сделано углубле-

Рис. 2. Т.1. Виброизолированный участок. Ближний поезд



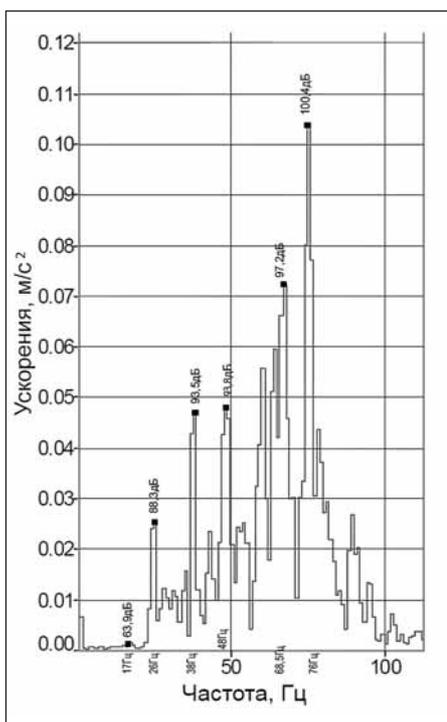


Рис. 3. Т.2. Невиброизолированный участок. Ближний поезд

ние 10 мм в опорной части, в котором установлен скорректированный по его размерам опорный элемент из трёх перфорированных выступов, объединённых в основании общей резиновой пластиной (рис. 4). Боковые стороны полушпалка были обложены пластинами сборной резиновой оболочки с внутренними ребрами и наружными выступами для закрепления в путевом бетоне.

Наружные боковые элементы виброзащитной оболочки и подстилающий короб из стеклофибробетона соответствуют размерам полушпалка LVT-M1. Вследствие полной симметрии полушпалка LVT-M1 для изготовления оболочки VSP-2014 потребуется всего три пресс-формы вместо шести, использованных для оболочки VSP-2003.

3.2. Система VSP/LVT-M1 для защиты от вертикальной вибрации

3.2.1. Геометрия опорного элемента.

Весь элемент разбивается на три выступа, в которых для обеспечения деформативности ре-

зины при сжатии предусмотрены внутренние свободные поверхности в виде сквозных вертикальных отверстий. Границы – плоскости между средним и крайними выступами рассматриваются как свободные поверхности. Такая модель деформации обусловлена симметрией и нагрузкой, и расположения перфорации (рис. 5). Первые два выступа воспринимают всю нагрузку от мало нагруженного (ночного) поезда, потом, по мере роста нагрузки до максимальной реальной, включается средний выступ, и при действии нормативной нагрузки все три части работают совместно. Два крайних выступа (рабочая высота $h_{1,3} = 40$ мм, полная – 50 мм) имеют в плане размеры 120×194 мм каждый; средний выступ рабочей высотой $h_2 = 36,5$ мм, полной – 46,5 мм, размером 135×194 мм. Габариты подстилающей пластины 214×415 мм. Материал опорного элемента – изопреновая резина из синтетического каучука. Полная потребность в резине на один полушпалок $V_{\text{п}} = 10,86 \text{ дм}^3$ (12,4 кг), на 1 п. м пути в двухпутном исчислении $P_{\text{рез}} = 81,3 \text{ кг}$ (при $\gamma_p = 1,14 \text{ кг/дм}^3$).

3.2.2. Параметры поездной нагрузки

соответствуют стандартам России, несколько отличным от швейцарских (см. п. 1). Предельная нагрузка на полушпалок $P^{\text{шт}} = 7500/3,0 = 2500 \text{ кгс}$. Предполагается, что в колебательном процессе принимают участие только неподрессоренные массы тележек с колёсами и масса участка ВСП (рельс длиной 61 см, полушпалок, крепление – масса участка рельса с полушпалком LVT-M1, $m_p = 118,4 \text{ кг}$). Масса тележки в расчете на один полушпалок составляет $m = 623,3 \text{ кг}$, с учётом массы рельса и полушпалка $m = 741,7 \text{ кг}$.

3.2.3. Расчет вертикальных смещений виброизолятора от веса подвижного состава.

А. Элемент 1 – краевые выступы. $E_{\text{д}}^{\text{изд}} = E_1 = 4,33 \text{ МПа}$.

1) Ночной поезд. Для $\Delta = 0,35 \text{ см}$ (замыкание) $S^{\text{зам}} = 0,35/3,65 = 0,096$, нагрузка замыкания $P_{\text{кр}} = 1629,1 \text{ кгс} > 1478,5 \text{ кгс}$. Таким образом, в ночное время замыкания нет.

Б. Элемент 2 – средний участок. $E_{\text{д}}^{\text{изд}} = E_2 = 5,72 \text{ МПа}$.

2) Дневной поезд. Полная нагрузка на полушпалок $P_{\text{дн}} = 1750 \text{ кгс}$, в том числе на крайние участки до замыкания $P_{\text{кр}} = 1629,1 \text{ кгс}$.

Максимальная нагрузка после замыкания составит 120 кг (менее 7%), т. е. практически во всём диапазоне дневных нагрузок не будет замыкания и виброизолятор будет работать в ночном режиме.

3) Нормативный поезд. Нагрузка на полушпалок $P_{\text{норм}} = 2500 \text{ кгс}$. $\Delta_{\text{норм}} = 0,45 \text{ см} < \Delta_{\text{норм}} = 0,50 \text{ см}$. Общий вывод: опорный элемент LVT-M1/VSP обеспечивает безопасность движения поездов метрополитена на виброизолированном участке.

3.2.4. Эффективность виброзащиты LVT-M1/VSP при вертикальных колебаниях.

Для ночного поезда $C_{\text{длин}} = 491,65 \times 10^4 \text{ КН/м}$, $m = 0,741,7 \text{ кг}$. Собственная частота нагруженного виброизолятора $\omega_0 = (C_{\text{длин}}/m)^{0,5} = 81,42/\text{с}$. $f_0 = \omega_0/2\pi = 12,95 \text{ Гц}$. Эффективность виброзащиты в октаве 31,5 Гц составляет $\Delta L = 13,8 \text{ дБ}$. Эффективность виброзащиты при прохождении колесом стыка, которое сопровождается действием на ВСП ударного импульса S , определяется преобразованием колебаний обычной конструкции тоннеля с собственной частотой f_z в колебания с собственной частотой виброизолятора $f_0 = 12,95 \text{ Гц}$. Эффективность виброзащиты в октавной полосе 31,5 Гц $\Delta L = 40 \lg(f/f_0) \text{ дБ} = 15,4 \text{ дБ}$ (для прежнего опорного элемента $\Delta L = 10,0 \text{ дБ}$). При $f = 25 \text{ Гц}$ вместо резонансного всплеска (см. рис. 2) уровень виброскорости снизится на $\Delta L_{25} = 20 \lg[(f/f_0)^2 - 1] = 8,7 \text{ дБ}$.

3.3. Применение LVT-M1/VSP для защиты от горизонтальной вибрации

3.3.1. Детали системы, обеспечивающими защиту от горизонтальной вибрации,

являются опорный элемент и боковые пластины (две продольные и две поперечные, торцевые) с тремя рядами прерывистых внутренних ребер переменной высоты. При горизонтальных колебаниях полушпалка на величину $\Delta_{\text{х,у}}$ (продольных – вдоль короткой стороны и оси пути, и поперечных – вдоль длинной стороны, перпендикулярно торцам и оси пути) упругими элементами являются: опорный элемент, работающий на сдвиг в каждом из направлений, и внутренние ребра боковых пластин, работающие на сжатие – растяжение. Полная вертикальная нагрузка от ночного поезда $P_1 = 1478,5 \text{ кгс}$; неподрессоренная масса с учетом рельса и

Рис. 4. Полушпалок типа LVT-M1

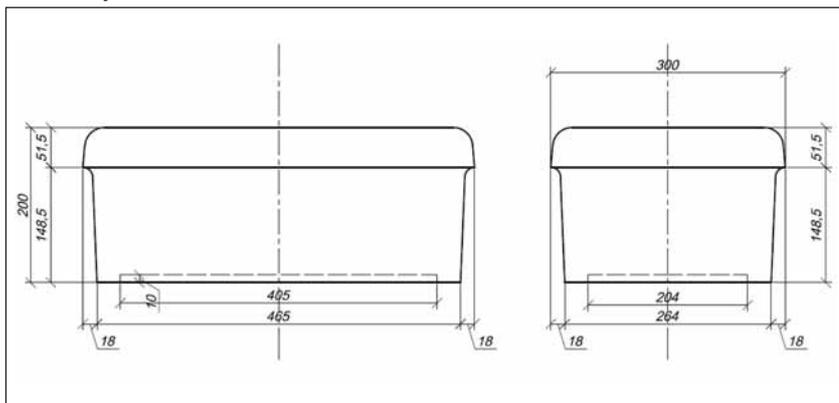
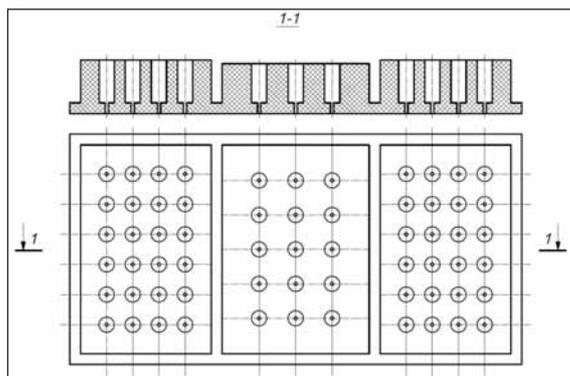


Рис. 5. Скорректированный опорный элемент VSP на полушпалке LVT-M1



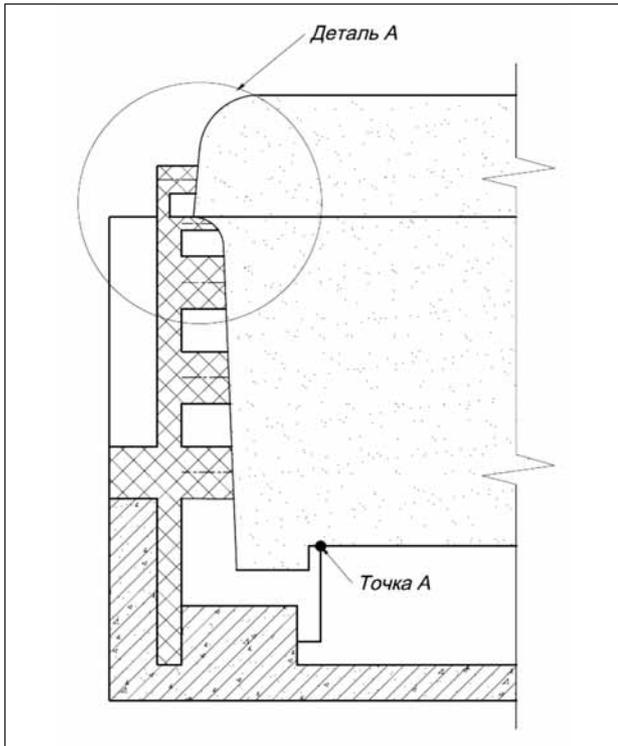


Рис. 6. Система VSP. Пластины и опорный элемент на полушпалке LVT-M1. Разрез (т. А - центр вращения при опрокидывании)

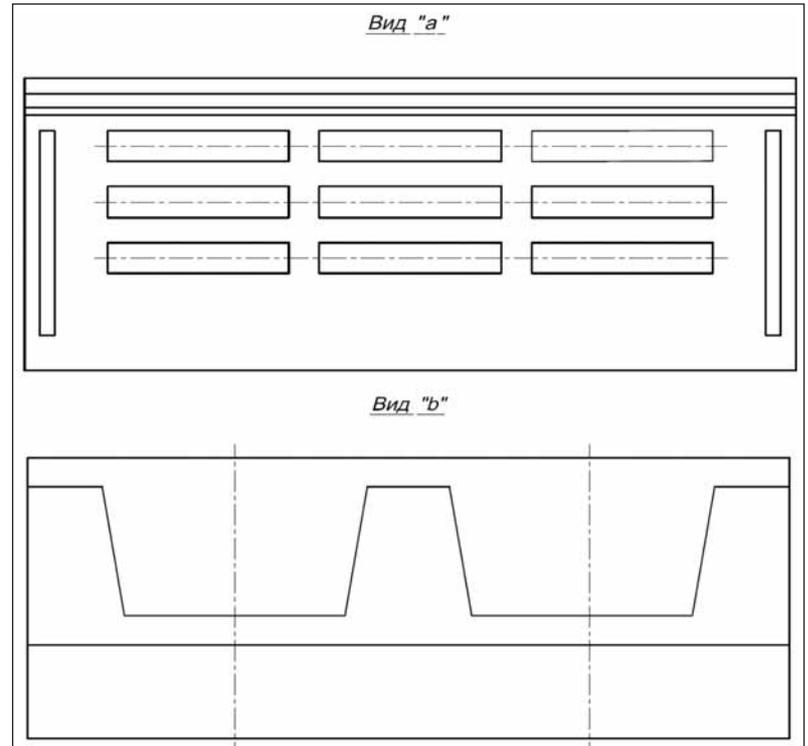


Рис. 7. LVT-M1/VSP. Внутренняя «а» и наружная «б» стороны продольной пластины (1)

полушпалка, приходящаяся на один полушпалок, $m = 741,7$ кг. Жесткость опорного элемента на сдвиг при $\Delta_{xy} = 1$ см (в ночном режиме работают только крайние выступы) $C_{xy}^{оп} = G_{днн}/h^{оп} \times 2F_1^{оп} = 599,4$ кгс/см; ребра – выступы приводятся на рис. 6–9. Расчетная схема для определения собственных частот горизонтальных колебаний представлена на рис. 10. При сдвиге вдоль пути (ось X) продольные ребра работают на сжатие/растяжение, поперечные – проскальзывают; соответственно, при сдвигах поперек пути

(ось Y) поперечные ребра работают на сжатие/растяжение, продольные – проскальзывают. Трением при проскальзывании пренебрегаем ввиду неопределенности усилия обжатия.

3.3.2. Эффективность виброзащиты системы LVT-M1/VSP при горизонтальных колебаниях.

Колебания вдоль пути. Жесткость ребер элементов на сжатие $C_x^{борт} = 7328,2$ кгс/см при смещении $\Delta_x = 1$ см. Вдоль пути жесткость $C_x^{сум} = 7328,2 + 599,4 = 7927,6$ кгс/см =

$= 777,7 \times 104$ Н/м. Собственная частота горизонтальных колебаний $f_{01}^x = 1/2\pi \times (C_x^{сум}/m)^{0,5} = 16,2$ Гц, Эффективность в октаве $31,5$ Гц $L_x^{31,5} = 11,6$ дБ.

Колебания поперек пути. Жесткость ребер элементов на сжатие $C_y^{борт} = 4026,5$ кгс/см при смещении $\Delta_y = 1$ см.

Поперек пути жесткость $C_y^{сум} = 4026,5 + 599,4 = 4625,9$ кгс/см = $453,8 \times 10^4$ Н/м. Собственная частота горизонтальных колебаний $f_{01}^y = 1/2\pi \times (C_y^{сум}/m)^{0,5} = 12,4$ Гц. Эффективность в октаве $31,5$ Гц $L_y^{31,5} = 16,2$ дБ.

Рис. 8. LVT-M1/VSP. Внутренняя «а» и наружная «б» стороны поперечной (торцевой) пластины (2)

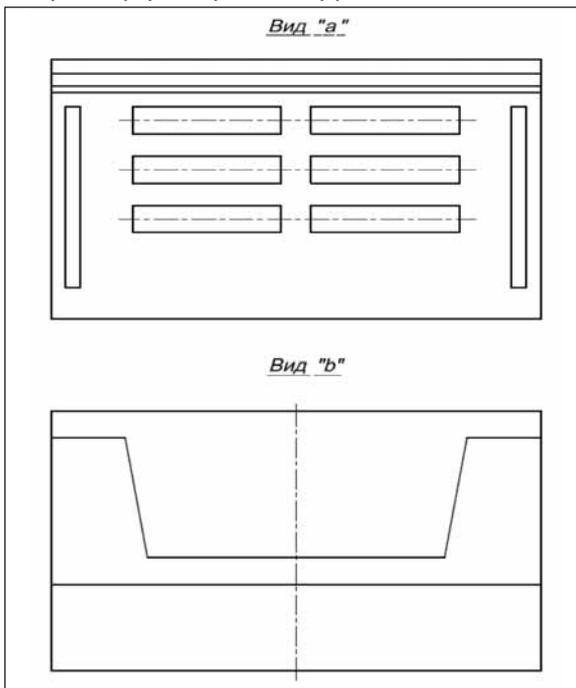
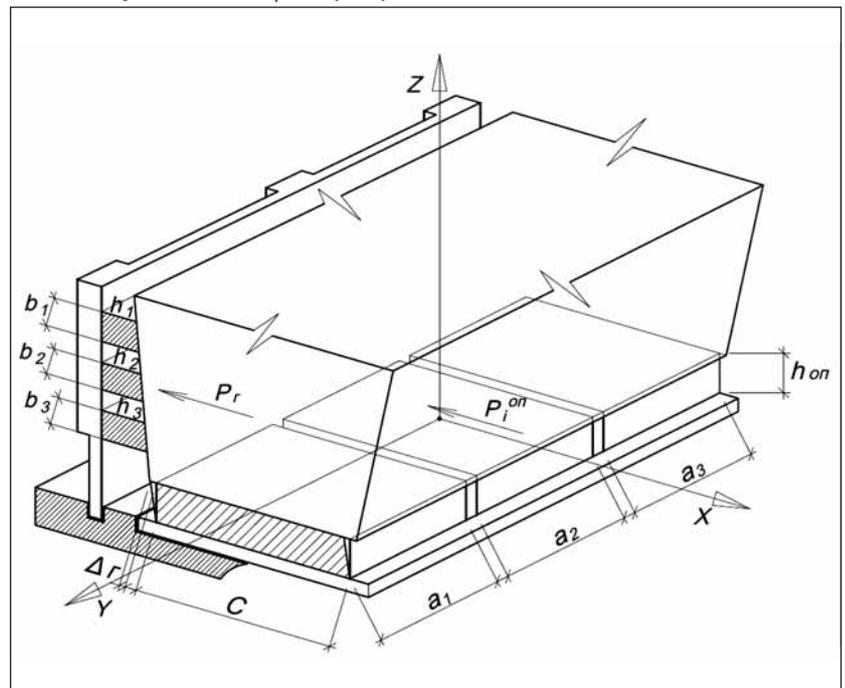
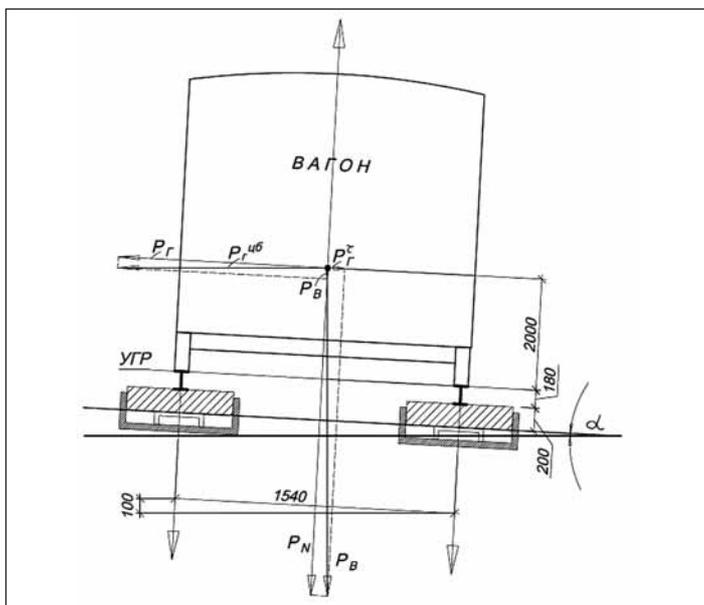
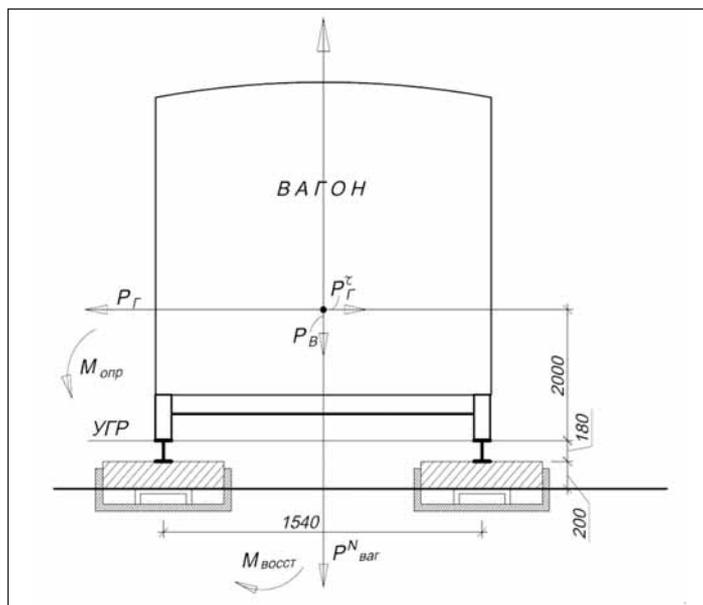


Рис. 9. Расчетная схема для определения жесткостей и собственных частот виброизолированного полушпалка LVT-M1/VSP при горизонтальных колебаниях



Рис. 10. Распределение сил при наклоне вагона на угол α (расчетное положение)Рис. 11. Расчетная схема при определении устойчивости (поворот осей на угол α)

4. Оценка устойчивости виброизолированного полушпала LVT-M1/VSP к воздействию специальных нагрузок – поперечной при прохождении кривых и продольной – при торможении и ударах

4.1. Устойчивость при прохождении кривой

4.1.1. Определение нагрузки на полушпалок от действия центробежной силы

Все расчёты и исходные параметры соответствуют СНиП 32-02-2003 (Актуализированная редакция). Центробежная нагрузка в виде горизонтальной силы определяется по формуле:

$$Q = MV^2/R,$$

где M – масса всего вагона, приходящаяся на один полушпалок, кг;

V – линейная скорость поезда, м/с;

R – радиус кривой, м.

В расчете принимаются: нормативная масса всего вагона, приходящаяся на один полушпалок, $M = 2500$ кг (принятая во всех приведенных выше расчетах предельная нагрузка на один полушпалок), скорость $V = 25$ м/с (90 км/ч) и минимальный радиус кривой основного пути $R = 600$ м (п. 5.3.5, табл. 5.6 СНиП). $R = 300$ м является допустимым в особых случаях и при скорости ≤ 65 км/ч. Коэффициент надежности по на-

грузке $\gamma_f = 1,1$; точка приложения нагрузки – 2 м от УГР. Возвышение наружного рельса (соответственно, одновременное понижение внутреннего) для $R = 600$ м составляет 50 мм (п. 5.3.6 СНиП).

Расчет без учета различия УГР наружного и внутреннего рельсов. Горизонтальная нагрузка на полушпалок составляет:

$$Q_G = 2500 \times 25^2 / 600 \times 1,1 = 2864,6 \text{ Н (286,5 кгс)}.$$

Моментная опрокидывающая нагрузка на полушпалок образуется за счёт плеча горизонтальной центробежной силы, составляющего $H_0 = 237$ см (200 см – п. 6.18 СНиП – расстояние от точки приложения силы до УГР; 18 см – высота рельса R65; 19 см – расстояние от верха полушпала до опорной поверхности упругого элемента). $M_{опр} = 286,5 \times 237,0 = 67900,5 \text{ кгс}\cdot\text{см} = 679 \text{ кгс}\cdot\text{м}$.

Моментная восстанавливающая нагрузка, возникающая при повороте относительно точки А опорного элемента (см. рис. 9) от вертикальной нагрузки на полушпалок $M'_{восст} = 543,1 \text{ кгс}\cdot\text{м}$; моментная восстанавливающая нагрузка от сжатия резиновых рёбер торцевой пластины оболочки полушпала $M''_{восст} = 20,3 \text{ кгс}\cdot\text{м}$. $M'_{восст} + M''_{восст} = 563,4 \text{ кгс}\cdot\text{м}$; неуравновешенный опрокидывающий момент, действующий на полушпалок, установ-

ленный в VSP на упругом элементе, составляет $\Delta M = 115,7 \text{ кгс}\cdot\text{м}$.

Расчет с учетом различия УГР наружного и внутреннего рельсов. Наклонное положение вагона при прохождении кривой позволяет существенно уменьшить сдвигающую силу и увеличить восстанавливающую и, как следствие, резко снизить опрокидывающий момент. Степень уменьшения зависит от угла наклона α (см. рис. 10 и 11): $\text{Sin} \alpha = \Delta H/L = 100/1540 \approx 0,065$, $\text{Cos} \alpha = 0,998$, где $\Delta H = 100$ мм – разность УГР внешнего и внутреннего рельсов, $L = 1540$ мм – ширина колеи.

Как следует из расчетных схем (рис. 10 и 11), горизонтальная и вертикальная составляющие центробежной силы $P_{Г1} = Q_G \cdot \text{Cos} \alpha = 285,9 \text{ кгс}$, $P_{B1} = Q_G \cdot \text{Sin} \alpha = 18,6 \text{ кгс}$ соответственно. При аналогичном разложении силы веса вагона $P_{Г2} = P_B \cdot \text{Sin} \alpha = 162,5 \text{ кгс}$; $P_{B2} = 2495 \text{ кгс}$. Окончательные расчетные усилия: $P_G = P_{Г1} - P_{Г2} = 123,4 \text{ кгс}$; $P_B = P_{B1} + P_{B2} \approx 2514 \text{ кгс}$. Расчетные величины плеч для схемы на рис. 11 не изменились, поэтому повторяется предыдущий расчет, выполненный для схемы на рис. 10.

$$M_{опр} = 292,5 \text{ кгс}\cdot\text{м}.$$

$$M'_{восст} = 496,3 \text{ кгс}\cdot\text{м}.$$

$$M''_{восст} = 8,8 \text{ кгс}\cdot\text{м}.$$

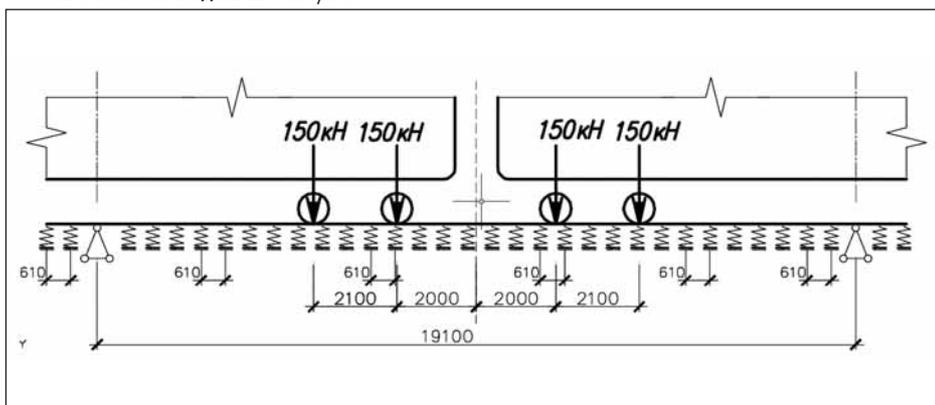
$$M_{восст} = M' + M'' = 505,1 \text{ кгс}\cdot\text{м}.$$

$$K_{уст} = 505,1/292,5 = 1,726 \approx 1,73.$$

На рис. 10 представлена расчетная схема, где: P_B – сила веса вагона; P_N и $P_{Гx}$ – её нормальная и касательная составляющие; $P_{ГЧБ}$ – центробежная сила инерции вагона на повороте; $P_{Гчб}$ и $P_{Bчб}$ – её касательная и нормальная составляющие. На рис. 11 – те же силы, но оси вагона повернуты на угол α .

4.1.2. Горизонтальное поперечное перемещение УГР при прохождении кривой. Горизонтальное перемещение УГР при прохождении метropоездом криволинейного участка происходит в результате сжатия рёбер торцевых пластин VSP под действием суммарной горизонтальной нагрузки $P_G^y = 123,4 \text{ кгс}$. $\Delta = P_G^y / C_{\Sigma}^y = 0,3 \text{ мм}$.

Рис. 12. Расчетная модель LVT-M1/VSP



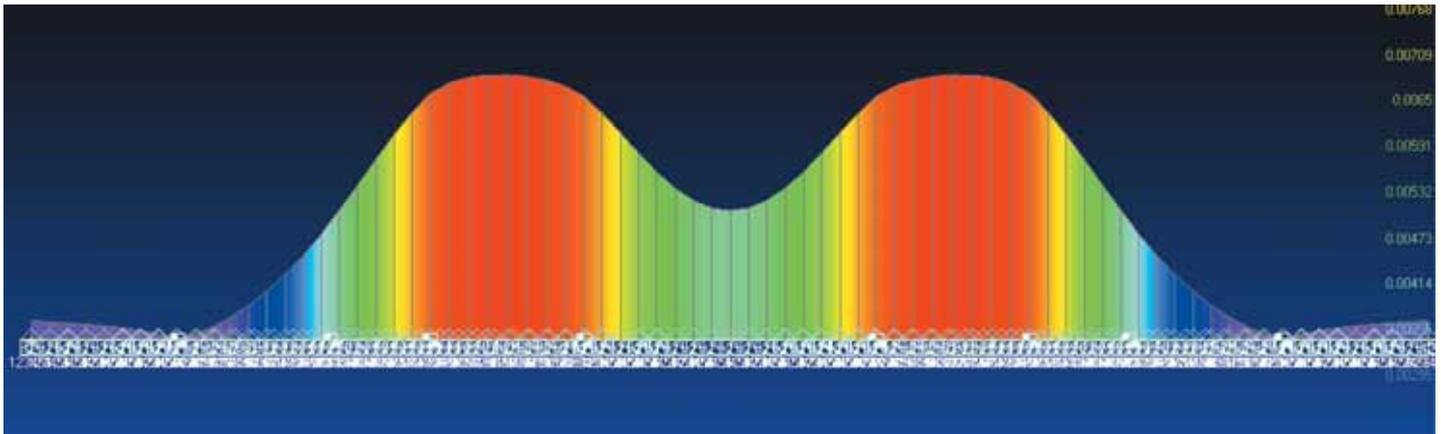


Рис. 13. Собственная частота VSP/LVT-M1 $f_0 = 11,6$ Гц

4.1.3. Оценка продольной устойчивости

LVT-M1/VSP при торможении. В соответствии с п. 6.20 СНиП, «нормативную горизонтальную продольную нагрузку от торможения или сил тяги подвижного состава следует принимать равной в процентах к весу нормативной временной вертикальной подвижной нагрузки: для поездов метрополитена и трамвая – 10 %», приложенную на уровне УГР. Расстояние от УГР до центра опрокидывания (опорной поверхности упругого элемента) $h_{\text{прод}} = 37,0$ см. $P_{\text{торм}} = 275,0$ кгс. Опрокидывающий момент $M_{\text{опр}} = 101,8$ кгс*м. Восстанавливающий момент $M'_{\text{восст}} = 266,8$ кгс*м. Восстанавливающий момент от сжатых ребер $M''_{\text{восст}} = 19,5$ кгс*м. $M'_{\text{восст}} + M''_{\text{восст}} = 286,3$ кгс*м. $K_{\text{уст}} = 286,3/101,8 = 2,8$. Смещение УГР при торможении $\Delta = P_{\text{торм}}/C_{\Sigma} = 0,4$ мм.

5. Моделирование работы LVT-M1/VSP в системе ВСП

Расчетная модель верхнего строения пути представляет собой систему подрессоренных (вагоны) и неподрессоренных масс (вагонные тележки на колесах), опирающихся на рельсы, подпружиненные винклеровским упругим основанием в виде полушпалков LVT-M1/VSP, установленных в путевой бетон с шагом 61 см. Параметры модели соответствуют параметрам вагона метрополитена на рельсах Р65 (рис. 12). Для оценки выбран шарнирно опертый пролёт балки, равный участку ВСП между центрами вагонов, $L = 19,1$ м, нагруженный в центре четырьмя массами симметрично относительно центра. Цель расчета – определить собственные частоты колебаний модели ВСП. При этом принимается, что подрессоренные массы в колебаниях не участвуют и оказывают только статическое давление на путь. Недрессоренная масса от каждого колеса $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = 1870$ кг. В расчет вводятся четыре массы по $M = 1870$ кг. При распределении нагрузки от колеса на три полушпалка масса, приходящаяся на один полушпалок, $m_1 = 623,3$ кг; с учётом массы рельса и полушпалка $m_1 = 741,7$ кг; масса полушпалка и рельса длиной 0,61 м $m_p = 118,4$ кг. Погонная масса балки на упругом основании

6. Сравнительная эффективность виброзащитных систем VSP

Тип системы	Эффективность системы в дБ		
	25 Гц	Октава 31,5 Гц	Октава 63 Гц
Реализация VSP-2003 ($f_{0z} = 17,5$ Гц)	+5,7	–(18–22)	–(31,5–33,7)
Проект LVT-M1/VSP $f_{0z} = 13,5$ Гц $f_{0x} = 16,2$ Гц $f_{0y} = 12,4$ Гц	–7,7 –2,8 –9,7	–13,0 –8,9 –14,7	–26,3 –23,0 –27,9
Расчет LVT-M1/VSP как балки на упругом винклеровском основании $f_{0z} = 11,6$ Гц	–11,2	–16,1	–29,1

$m_{\text{пог}} = 67,0/0,61 = 110$ кг/м. Погонная жесткость основания – опорных элементов $C_z = 5011,7$ кгс/см; $C_z^{\text{пог}} = 8,06$ МН/м². Результаты расчета приведены на рис. 13.

Расчетная эффективность LVT-M1/VSP на частоте 25 Гц и в октавах 31,5 Гц и 63 Гц составляет $L_{25} = 11,2$ дБ, $L_{31,5} = 16,1$ дБ, $L_{63} = 29,1$ дБ. Собственная частота колебаний системы LVT-M1/VSP как балки на упругом винклеровском основании (опорные виброизоляторы) – 11,6 Гц, т. е. ниже, чем для одного полушпалка – 13,5 Гц – вследствие учета изгиба рельса при колебаниях.

Выводы и рекомендации

1. Система LVT-M1 является перспективной конструкцией верхнего строения пути по своим технологическим и эксплуатационным возможностям.
2. На участках трасс, где требуется проведение виброзащитных мероприятий, предлагается оснастить LVT-M1 высокоэффективной системой VSP, разработанной и реализованной в Москве в 2003 г., скорректировав её для установки на системе LVT-M1 путём устройства углубления в днище полушпалка.
3. Приведенные расчеты для LVT-M1/VSP подтвердили соблюдение всех норм СНиП 32-02-2003 (Актуализированная редакция) по перемещениям УГР на криволинейных участках и в режиме торможения.
4. Для перехода к системе LVT-M1/VSP с креплением рельса типа APC необходимо в

течение 1–1,5 лет осуществить комплекс проектных и испытательных работ, связанных с сертификацией скорректированной системы LVT-M1/VSP.

Ключевые слова

Метрополитен, виброзащита зданий, верхнее строение пути, полушпалок, перфорированный опорный элемент, оболочка из резиновых пластин, эффективность.

Subway, building vibration protection (vibroprotection of buildings), superstructure, half cross-sleeper, perforated support element, rubber plateshell, efficie.

Список литературы

1. М. А. Дашевский, Н. А. Антонов, М. В. Мажанов, Е. М. Миронов, В. В. Моторин, Е. Д. Ройфман (НТЦ «Вибросейсмозащита»), В. В. Котов, А. Н. Насилов, В. П. Савельева (ОАО «Метротранс»), А. В. Жигарев (ТО-6). *Виброзащитная конструкция верхнего строения пути. «Тоннели и метрополитены», 2005 г., № 4, с. 41–43.*
2. М. А. Дашевский. *Инженерный метод нелинейного расчета резинометаллических виброизоляторов для зданий. (Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2006 г., № 6, с. 37–41; Строительные материалы XXI века, 2006, № 6, с. 64–65).*

Для связи с авторами

Дашевский Михаил Аронович
mishdash@mail.ru



ВКЛАД АКАДЕМИКА САВАРЕНСКОГО В СТРОИТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Е. М. Пашкин, Российский государственный геологоразведочный университет



Фёдор Петрович
Саваренский
(1881–1946)



В статье дается оценка роли акад. Ф. П. Саваренского в организации инженерных изысканий на трассах первых линий Московского метрополитена, в создании экспертных комиссий и оценивается его работа как руководителя экспертных групп.

Российская наука знала и знает немало ученых-естественников, в коих органично сочетались широкий гуманитарный кругозор, гражданственность и обширнейшее знание собственного предмета, позволявшее оставить столь заметный материальный след в истории, что он виден и поныне миллионам людей. Одним из таких ученых был академик Федор Петрович Саваренский, а след, оставленный им для многих поколений – огромный вклад в сооружение Московского метрополитена.

Имя Ф. П. Саваренского наиболее хорошо известно нескольким поколениям специалистов по гидрогеологии и инженерной геологии, работавшим и продолжающим работать как в сфере научной проблематики, так и в области прикладных знаний, связанных с практическим применением этих научных дисциплин. Он никогда не был иссле-

дователем лишь в какой-либо одной области и отрасли, а, изучая природу, считал ее неизмеримо более сложной, чем сложившееся представление о ней. Трудно сказать, чему он больше отдавал предпочтение: геологии, гидрогеологии или инженерной геологии? Многогранность научных интересов была характерной чертой Саваренского. Может быть поэтому не всегда однозначно можно ответить на вопрос: кем в первую очередь он был – гидрогеологом или специалистом по инженерной геологии? Но одно главное отличало Федора Петровича – это то, что он всегда стремился связывать свою научную деятельность с экологическими последствиями безудержного строительного порыва первых пятилеток. Можно назвать несколько работ, в которых он уже тогда предупреждал о возможных последствиях необдуманных технических внедрений в

природные процессы. В частности это касалось выбора площадки под строительство Дворца Советов, выбора некоторых створов для строительства гидроэлектростанций на Волге и Каме. Также он обращал серьезное внимание на исследование трасс и строительство метрополитена в Москве.

Инженерные изыскания для обоснования строительства Московского метрополитена были начаты в конце 20-х годов XX в. Об этом свидетельствует запись, сделанная Ф. П. Саваренским в 1929 г., в которой он отмечал, что в связи с началом проектирования метрополитена и благодаря детальным изысканиям геологическое строение г. Москвы значительно уточнилось.

Однако целенаправленно и методически обусловлено они были начаты лишь в 1931 г. В этом году геологические изыскания были проведены по трассе Московского метропо-

литена первой очереди. Федор Петрович в этих исследованиях принял активное участие. В самый разгар этих работ он впервые принял участие в составе экспертной комиссии под руководством академика И. М. Губкина, в задачу которой входили методическое руководство геологоразведочными работами для строительства метрополитена и решение связанных с ним вопросов. Впоследствии он руководил четырьмя экспертными комиссиями при Совмине СССР, Госплане СССР и при Моссовете и Метрострое. В это время ему пришлось решать целый ряд сложных и нестандартных задач, где он выступал настоящим специалистом-новатором. Взять, например, его утверждения о том, что при изучении горных пород важны не столько их свойства, сколько проявления взаимосвязи между ними. В этом постулате есть что-то от Платона, который считал, что главное не вещи и символы их, а связи между вещами. К сожалению, до сих пор оценка отдельных свойств горных пород – их символов остается главным. Подобная символизация инженерно-геологических данных на руку механистическим тенденциям, так осуждаемых Ф. П. Саваренским.

В этой области, совершенно новой и неизученной в нашей стране, Федор Петрович смело и решительно берется за решение сложнейших задач по оценке использования подземного пространства города при строительстве метрополитена в Москве. В этих вопросах впервые четко была обозначена проблема обратной связи сооружений с геологической средой, воздействия способов их возведения на геологические процессы. Однако поскольку сами сооружения и особенно способы их возведения могут восприниматься геологической средой, и какие при этом могут быть спровоцированы геологические процессы, относится уже не столько к профессиональной прерогативе специалистов, сколько к технической культуре человека.

Этой очень важной проблеме была посвящена статья Ф. П. Саваренского «Влияние инженерных сооружений и мероприятий на направление геологических процессов». Она писалась в период развернувшихся строительных работ по сооружению в Москве метрополитена. До сих пор в городе подобного внедрения в геологическую среду не было, и оно показало, насколько человек оказался неподготовленным к ведению подземных работ в историческом центре Москвы. В статье обращалось внимание не столько на прямое воздействие деятельности человека на направление и развитие геологических процессов, принимающих все более значительные размеры, сколько на культуру этой деятельности. Таким образом, он рассматривал влияние сооружений и человеческой деятельности на развитие геологических процессов как вторичный фактор, первичный же, по его мнению, – культура человека, определяющая весь хозяйственный уклад в целом.

Первый этап строительства метро вскрыл немало проблем, ранее не возникавших: о связи водоносных горизонтов и ее влияния на деформации зданий, о подтоплении пониженной части города в связи с созданием повышенного уровня воды в р. Москве и ее притоках, о развитии суффозионных процессов после создания депрессионных воронок при водопонижении. Анализ ряда неудач при проходке тоннелей первой очереди было посвящено одно из заседаний экспертной комиссии Моссовета, на котором один из вопросов был посвящен необходимости исследования влияния агрессивности подземных вод на сохранность бетонных и металлических конструкций. Ф. П. Саваренский неоднократно на заседании комиссии поднимал вопрос об организации детальных исследований химического состава подземных вод и степени их агрессивности. При этом он указывал на то, что определение содержания агрессивной углекислоты еще ни о чем не свидетельствует, поскольку при этом большое значение имеет скорость грунтового потока. Он считал, что этот вопрос окончательно не разработан и отсутствие норм по оценке агрессивности подземных вод для бетонных и металлических конструкций метрополитена недопустимо.

Там же на экспертной комиссии Моссовета был рассмотрен вопрос, затронутый в выше упомянутой статье Ф. П. Саваренского о влиянии человека и его культуры на характер развития геологических процессов. Речь идет о рассмотрении комиссией под председательством Ф. П. Саваренского материалов, представленных Метростроем в записке проф. С. Н. Розанова о деформациях различных зданий и сооружений в результате принимаемых при проходке тоннелей технологий. Было отмечено, что большая часть случаев просадки грунтов, осадки дневной поверхности, появления трещин в зданиях были связаны с нарушением технологии работ. Деформации были отмечены на улицах Каланчевской, Моховой, на площади Свердлова и в других местах. Экспертиза пришла к выводу о необходимости организации системы наблюдений за подобными деформациями не только в период строительства, но и при эксплуатации метрополитена.

При рассмотрении инженерно-геологических и гидрогеологических условий строительства метрополитена второй очереди большое внимание было обращено на возможность образования деформаций в зданиях и сооружениях, попадающих в сферу влияния деформаций дневной поверхности при водопонижении в процессе проходки тоннелей.

Насколько глубоко, вникая во все детали проектирования тоннелей и подробности технологий принимаемых решений, и насколько полно Ф. П. Саваренский старался связывать это с особенностями геологического строения Москвы и, в частности, с геологическими условиями трассы метро, мож-

но проследить по материалам его экспертного заключения о возможности смягчения профиля, повышения станции «Динамо» и понижения станции «Аэропорт», составленного в период строительства второй очереди Московского метрополитена в 1935 г.

В своем заключении в экспертную комиссию он пишет, опираясь на полученные дополнительные материалы по геологическим разведочным данным в районе станции «Динамо», что на кровле суглинков волжского яруса залегает мощная толща четвертичных водонасыщенных пород с признаками пльвунов. И он категорически настаивает на сохранении прежних отметок станции. В заключении отмечается возможность понижения станции «Аэропорт» с включением в проект искусственного водопонижения, которое вполне возможно по свойствам залегающих здесь песков.

Серьезные коррективы Ф. П. Саваренский вносит в предложение о возможности поднятия станции «Площадь Свердлова» (с 1990 г. – «Театральная»). Он отметил в заключении, что оно возможно в пределах 3–4 м и будет связано с положением перегонных тоннелей Покровского радиуса, которые при изменении их положения могли бы попасть в зону древнего размыва, заполненного водоносными песками и очень неблагоприятными для их проходки. В связи с этим он рекомендует сохранить положение станции метро «Площадь Свердлова» в прежних отметках для создания благоприятных условий сооружения перегонных тоннелей Покровского радиуса. Сделанные им рекомендации о сохранении положения станции метро «Площадь Свердлова» в прежних отметках были учтены при строительстве.

Следует отметить, что выработанные Ф. П. Саваренским в первые годы сооружения Московского метрополитена требования к оценке геологических условий Москвы, а также найденные адекватные этим условиям технические решения по проходке тоннелей, стали нормой для строительства последующих трасс метрополитена.

Ключевые слова

Тоннели метрополитена; инженерно-геологические и гидрогеологические условия; инженерные изыскания; экспертные заключения; технические решения.

Литература

1. Пашкин Е. М. *Инженерно-геологические проблемы строительства Московского метрополитена. Метро и тоннели. № 3. 2013. С. 32–34.*
2. Пашкин Е. М., Саваренская Т. Ф. *Федор Петрович Саваренский. М. «Наука». 2003. 262 с.*
3. *Материалы Московского отделения архива АН СССР (Ф. 589, оп. 1, 3, 5)*

Для связи с авторами

Пашкин Евгений Меркурьевич
empashkin@yandex.ru



ДЕСТРУКТОР – АЛЬТЕРНАТИВА БВР ПРИ ПРОХОДКЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

DESTRUCTOR – AN ALTERNATIVE TO DEW AT UNDERGROUND DEVELOPMENT

Г. Г. Кочарян, заведующий лабораторией, ИДГ РАН, д. ф.-м. н.

М. С. Акимкин, генеральный директор ООО «НПО СовИнТехно»

В. И. Куликов, ведущий научный сотрудник, ИДГ РАН, к. ф.-м. н.

G.G. Kocharyan, Head of lab., Institute of Geospheres Dynamics of the RAS

M.S. Akimkin, General Director of «SPU SovInTehno»

V.I. Kulikov, Leading researcher, Institute of Geospheres Dynamics of the RAS

Буровзрывные работы (БВР) до сих пор остаются одной из важных технологий проходки перегонных и станционных тоннелей Московского метрополитена. Нередко БВР ведутся в нескольких или десятках метров от действующих перегонных тоннелей и технологических выработок. В этих случаях следует считаться с тем, что у БВР есть негативная сторона – сейсмическое действие на горный массив, действующие тоннели, охраняемые сооружения метрополитена и застройку и инфраструктуру города. Высокая интенсивность сейсмического действия может стать препятствием к проведению БВР. Альтернативой БВР может служить проходка выработок по схожей с БВР технологией, но с заменой штатного ВВ на деструктор, у которого тротильный эквивалент около 0,0026.

DEW still remain one of the most important technologies of penetration of boiling and station tunnels of the Moscow Metro. DEW often conducted in several or tens of meters from the existing tunnels and technological developments. In these cases you should consider the fact that there is a negative side DEW – seismic effect on the mountain massif, working tunnels, underground guarded structures and infrastructure of the city. The high intensity of the seismic action may become an obstacle to the implementation of DEW. As an alternative of DEW can serve Destructor. Technology of Destructor is similar to DEW, but Destructor replace explosive. TNT equivalent of Destructor us about 0,0026.

БВР при проходке перегонных и станционных тоннелей Московского метрополитена нередко ведутся в непосредственной близости от действующих перегонных тоннелей и других горных выработок. Например, расстояние от забоя строящегося станционного тоннеля «Петровско-Разумовская» ЛДЛ до действующего тоннеля станции СТЛ составляло около 10 м. В таких условиях следует считаться с тем, что БВР являются источником сейсмозрывных волн, которые могут привести к потере устойчивости горных выработок и повреждению охраняемых объектов. Под потерей устойчивости понимается образование трещин в стенках и кровле выработок, отслоение или откол горной породы, обрушение кровли. Повреждение охраняемых объектов – нарушение кровли, гидроизоляции, отделки станций. Это неизбежный негативный эффект БВР. В соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах» (ПБ-13-407-01), уже на стадии проектирования должны быть предусмотрены практические меры снижения сейсмического действия БВР до безопасного уровня.

Как правило, для снижения сейсмического действия БВР применяется метод корот-

козамедленного взрывания (КЗВ). Для реализации этого метода используется система электрического или электронного инициирования с замедлениями несколько миллисекунд. При КЗВ сейсмические нагрузки ограничены сейсмическим действием нескольких шпуров, входящих в одну ступень замедления. Как правило, это 4–6 шпуров с массой 1–4 кг ВВ. При электронном инициировании возможно пошпуровое взрывание, и тогда сейсмические нагрузки будут минимизированы за счет того, что в каждой ступени замедления будет один шпуровой заряд, величина которого может быть равна 0,2–0,6 кг ВВ.

Сейсмостойкость горных выработок определяется соотношением между установленной в результате анализа предельно-допустимой скоростью смещения поверхности горной выработки и фактической скоростью колебаний в сейсмозрывной волне. Последняя определяется в ходе инструментального мониторинга БВР. Анализ многочисленных исследований сейсмозрывных волн при наземных и подземных взрывах позволил академику М. А. Садовскому установить, что сейсмический эффект взрыва описывается зависимостью максимальной скорости колебаний грунта от мощности заряда и рас-

стояния от места взрыва до охраняемого объекта вида [1, 2]:

$$V = K \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^n, \quad (1)$$

где Q – масса заряда ВВ,

R – расстояние от заряда до объекта,

K – коэффициент сейсмичности,

n – степень затухания амплитуды волны.

Важно подчеркнуть, что эта формула отражает зависимость максимальной скорости колебаний от приведенного расстояния (эпицентрального расстояния, деленного на корень кубический из массы ВВ). Причем, такой зависимость можно описать и вертикальные и радиальные скорости колебаний, которые отличаются незначительно.

Благодаря многочисленным исследованиям установлено также, что при КЗВ, при оптимальных межгрупповых замедлениях, под Q следует понимать массу заряда в одной ступени замедления [2].

При буровзрывной проходке горных выработок на станции «Петровско-Разумовская», которые велись СМУ-5 Мосметростроя, специалистами ИДГ РАН были проведены исследования сейсмозрывных волн. Регистра-

ция волн осуществлялась как в соседних выработках, так и на дневной поверхности. Был охвачен диапазон гипоцентральных расстояний от 5 до 500 м от забоя. В результате была получена зависимость максимальной скорости радиальных колебаний от приведенного гипоцентрального расстояния, которая показана на рис. 1. Круглые значки относятся к регистрации в горных выработках, треугольные – к регистрации на дневной поверхности. По этим данным была получена усредненная зависимость, которая описывается формулой (1) с коэффициентом $K = 5$ и степенью затухания $n = 1,7$ и на рис. 1 отображается прямой линией. В этой зависимости масса заряда в одной ступени замедления измеряется в кг ВВ, гипоцентральное расстояние R в м, скорость колебаний V в м/с.

Определение величины допустимой скорости колебаний при сейсмическом воздействии на горные выработки является сложной задачей из-за отсутствия нормативных документов Ростехнадзора для БВР в подземных условиях. Воспользуемся техническими правилами для энергетического строительства [3]. В них для особо ответственных сооружений с длительностью эксплуатации более 10–15 лет, к которым относятся стволы шахт, железнодорожные и гидротехнические тоннели, камеры водоотлива и т. д. (сооружения I класса) установлена величина допустимой относительной упругой деформации ε , которая равна 10^{-4} . Очевидно, что к сооружениям I класса следует отнести и горные выработки метрополитена. В первом приближении в сейсмозврывной волне относительная деформация определяется соотношением:

$$\varepsilon = \frac{V}{C_p}, \quad (2)$$

где V – максимальная скорость колебаний, C_p – скорость распространения продольных волн в горном массиве.

Полагая $C_p = 3$ км/с, из соотношения (2) получим допустимую скорость колебаний в сейсмозврывной волне $V_{\text{доп.}} = 0,3$ м/с. Более скрупулезные оценки, основанные на допустимой относительной деформации 10^{-4} и учитывающие свойства вмещающих горных пород, приведены в работе [4]. Например, для горных выработок, пройденных в породах крепостью около 3–4 по шкале М. М. Протодяконова (эта крепость характерна для аргиллитов, алевролитов, плотных глин горного массива, в котором ведет работы Мосметрострой), допустимая скорость колебаний в сейсмозврывных волнах составляет 9,5 см/с.

Для оценки подставим это значение скорости в формулу (1) и массу заряда $Q = 1$ кг и получим гипоцентральное расстояние, допустимое для ведения БВР, 11 м.

В реальных условиях сооружение из-за особенностей эксплуатации может приобрести дефицит сейсмостойкости, который растет со временем эксплуатации. Это в полной мере относится к горным выработкам и пе-

регонным тоннелям. В этом случае действующее значение амплитуды скорости колебаний в сейсмозврывной волне должно быть меньше допустимого, и определяется проектной или надзорной организацией на текущий момент.

Приведенные выше материалы действительно показывают, что в определенных условиях интенсивность сейсмического воздействия БВР становится недопустимой. Сознвая это, специалисты взрывного дела ведут поиск методов, которые могут снизить сейсмическое воздействие до безопасного уровня. В этом ряду можно выделить весьма перспективное направление замены взрывчатых веществ деструкторами.

Описание деструктора

Устройство «Деструктор» было разработано д. ф.-м. н. В. М. Шмелевым (Институт химической физики РАН) и запатентовано им в 2010 г [5]. Деструктор состоит из смеси окислителя, горючего и добавки. Окислитель – гранулированная калиевая селитра, составляющая 80–84 % смеси. Горючее – фенолформальдегидная смола, составляющая 10–14 % смеси. К этой смеси добавляется некоторое количество газогенерирующей добавки (до 10 %), которая позволяет при воспламенении реализовать большее газовыделение при конвективном объемном горении смеси. Скорость горения смеси около 1 мм/мс. В патронах деструктора массой около 0,3 кг горение происходит в течение нескольких мс, что более чем на порядок медленнее процесса детонации штатного ВВ. При таком режиме давление продуктов горения в шпуре не превышает 10 кбар, т. е. на порядок меньше, чем при детонации штатных ВВ. Отсюда можно ожидать, что бризантное действие деструктора, сейсмическое действие и акустический эффект будут существенно меньше, чем при детонации штатных ВВ.

Разрушение горных пород деструктором проводят так же, как БВР со штатными ВВ. Забой разрубывается шпурами диаметром, например, 42 мм и длиной более 80 см. Сетка шпуров зависит от прочности горной породы. В каждый шпур помещается деструктор массой от 0,15 до 0,4 кг. Патрон изготавливается из картона или пластика, его диаметр около 40 мм (есть разные диаметры для разного диаметра шпуров), длина около 300 мм (для патрона массой 0,35 кг). В каждый патрон деструктора помещаются электровоспламенители. Далее производится коммутация воспламенителей. Так как сейсмическое действие деструктора невелико, обычно их объ-

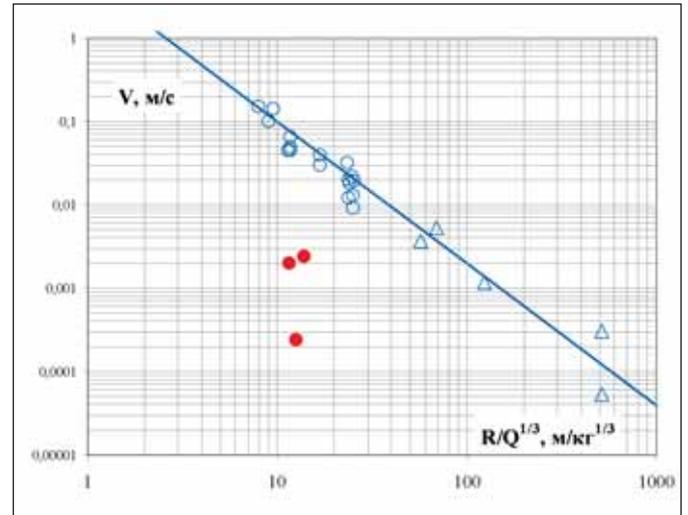


Рис. 1. Зависимость максимальной скорости колебаний от приведенного гипоцентрального расстояния. Синие значки – для БВР с аммонитом, синяя прямая – усредненная зависимость. Красные значки – для работы деструктора

единяют в одну группу, так что электрический импульс на инициирование воспламенителей поступает во все шпуры одновременно (без замедлений). Забойка шпуров осуществляется на всю длину шпура, вплоть до патрона. Забойка в данном методе имеет важное значение для режима горения деструктора и поэтому выполняется ответственным рабочим, подходящим материалом, с послышной трамбовкой оно в шпуре.

В 2011 г. Ростехнадзор выдал ООО НПО «СовИнТехно» Разрешение на применение технического устройства «Деструктор» для работ по разрушению горных пород и строительных конструкций на земной поверхности. Сейчас ведутся приемочные испытания деструктора для применения его при разрушении горных пород и строительных конструкций в подземных условиях, опасных по пыли и газу. В рамках этих испытаний были проведены исследования сейсмического действия деструктора при проходке наклонного хода станции «Бутырская», которые вело СМУ-2 Мосметрострой.

Технология производства работ с использованием деструктора

Наклонный ход в разрезе показан на рис. 2. Диаметр выработки 8,5 м. Положение забоя при первом эксперименте с деструктором в верхней точке совпадало с пикетом ПК-76+27.70 и в нижней точке совпадало с пикетом ПК-76+23.85. На рис. 3 приведена схема забоя (для кольца К-70). Забой сложен плотными глинами. В средней части забоя находится слой известняка мощностью 2,5 м. Выше и ниже слоя известняка – глина. Крепость известняка по Протодякову около 6–7. Целью экспериментов с деструктором было разрушение только слоя известняка. Всего было проведено около 20 экспериментов, но регистрация сейсмической волны проводилась только при трех экспериментах, когда забой находился на кольцах К-70, К-74 и К-77.

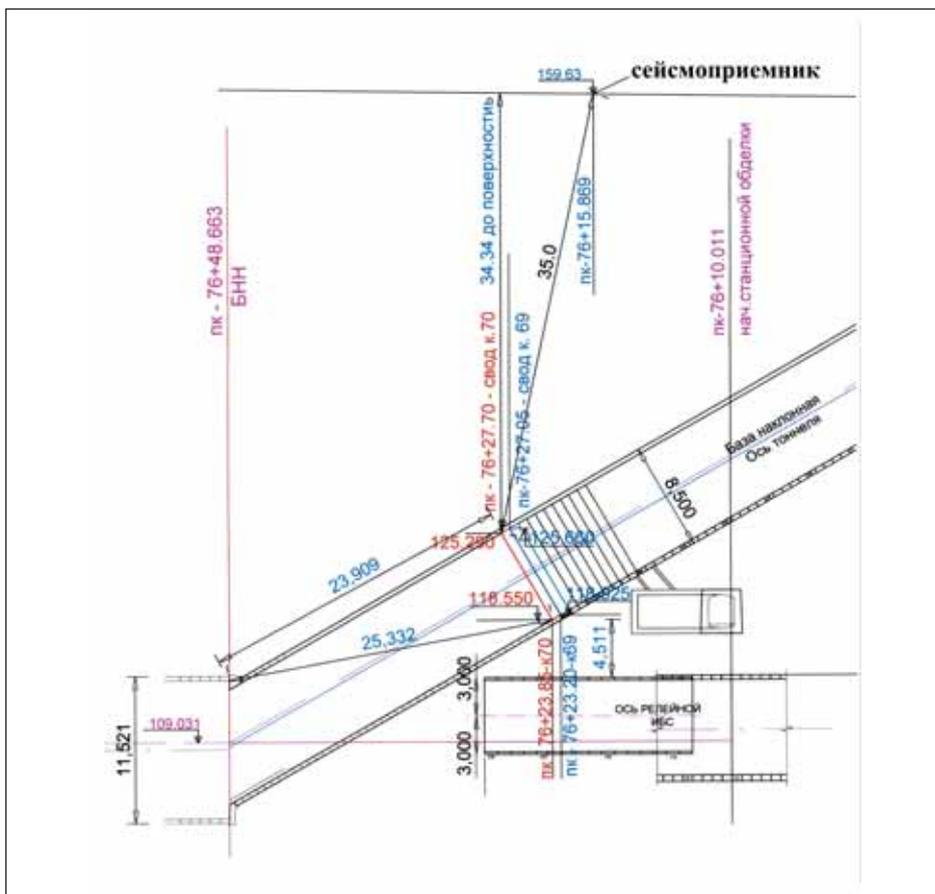


Рис. 2. Наклонный ход станции и размещение пункта регистрации (сейсмоприемник) на строительной площадке

Слой известняка в забое разбуривался шпурами диаметром 42 мм и длиной 1 м. Общее количество шпуров в слое было от 80 до 115. В каждый шпур помещался патронированный деструктор массой от 0,25 до 0,35 кг. Суммарная масса деструктора в забое была от 28 до 40 кг. В каждый патрон деструктора помещался воспламенитель. Забойка шпуров осуществлялась глиной из забоя. Далее проводилась коммутация воспламенителей – инициирование воспламенителей осуществлялось одновременно.

Методика регистрации

Регистрация сейсмической и акустической волн проводилась на дневной поверхности на строительной забетонированной площадке наклонного хода станции. На рис. 2 показано место установки акселерометра А1638В

и измерительного микрофона 4170 фирмы Brüel & Kjaer. Акселерометр был закреплен на бетонной площадке раствором гипса, над ним на штативе был установлен микрофон. Из рис. 2 видно, что место регистрации находилось практически в эпицентре забоя (над забоем), поэтому вертикальные колебания дневной поверхности будут являться радиальными. Расстояние акселерометра от верхней точки забоя 35 м, от центра слоя известняка – 39 м. Именно 39 м можно считать гипоцентрального расстоянием от забоя до сейсмоприемника при первом эксперименте. При втором и третьем экспериментах гипоцентрального расстояния увеличились на 1–3 м.

Акселерометр А1638В является трехкомпонентным пьезоэлектрическим преобразователем с предусилителем заряда, размещен-

ным в корпусе акселерометра. Коэффициент преобразования акселерометра А1638В около 1 В/мс^{-2} . Согласно амплитудно-частотной характеристике, полученной на вибростенде ИДГ РАН, этот тип акселерометра может без искажения регистрировать колебания в диапазоне частот от 0,1 до 400 Гц.

Ориентация осей акселерометра была такой, что одна из осей совпадала с нормалью к поверхности грунта, вторая была направлена горизонтально и вдоль оси наклонного хода, третья – совпадала с тангенциальным направлением к оси. Таким образом, осуществлялась регистрация трех компонент колебаний поверхности грунта. С трех выходов акселерометра А1638В сигналы поступали на вход четырнадцати разрядного АЦП Е-440 фирмы L-Card. После АЦП сигналы записывались на винчестер ноутбука. Частота оцифровки сигнала подбиралась исходя из полосы пропускания канала, и в нашем случае составляла 10 кГц, что обеспечивало регистрацию сигналов до 5 кГц без эффекта Найквиста, а в ожидаемом диапазоне частот сейсмической волны (до 100 Гц) обеспечивает не менее 100 точек дискретизации на период колебаний. Цена младшего разряда АЦП варьировалась в зависимости от заданного максимального входного напряжения АЦП и могла составлять 0,02 мВ, что соответствует для прямой записи от акселерометра А1638В ускорению при колебаниях около $0,02 \text{ мм/с}^2$.

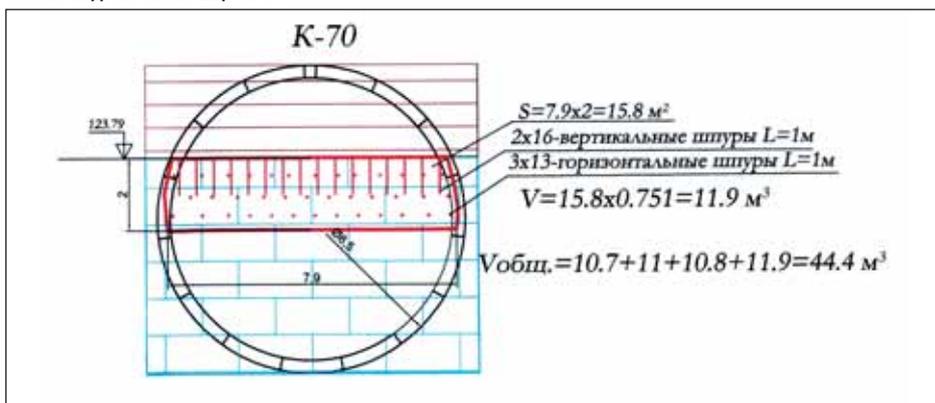
Первичными записями акселерометра являются акселерограммы (ускорения при колебаниях поверхности, на которой установлены акселерометры). Обработка зарегистрированных акселерограмм позволила получить велосигаммы (скорости колебаний) и амплитудные спектры Фурье акселерограмм и велосигамм. Для получения велосигамм сначала вычисляется амплитудный спектр Фурье акселерограмм и затем делением на частоту получают спектр велосигамм. Далее, используя обратное преобразование Фурье, получают велосигаммы.

Четвертый канал регистрации – акустический канал. Сигнал с измерительного микрофона 4170 Brüel & Kjaer поступал на поляризованный усилитель и далее на АЦП и записывался на винчестер ноутбука. Коэффициент преобразования акустического канала около 0,1 В/Па. Амплитудно-частотная характеристика микрофона имеет столбовидный вид от 0,01 Гц до 20 кГц.

Результаты экспериментов

На рис. 4 приведены зарегистрированные акселерограммы колебаний дневной поверхности при втором эксперименте, забой которого совпадал с кольцом К-74. Забой был разбурен 115-ю шпурами. Масса деструктора в этом эксперименте $Q = 40,25 \text{ кг}$; гипоцентрального расстояние $R = 40 \text{ м}$. Красная акселерограмма A_z – колебания по вертикали. По отношению к забую – это радиальные колебания. Синяя акселерограмма A_x – горизонтальные колебания вдоль оси простираения наклонного хода, зеленая A_y – горизонтальные тангенциальные ко-

Рис. 3. Вид забоя. Кольцо К-70



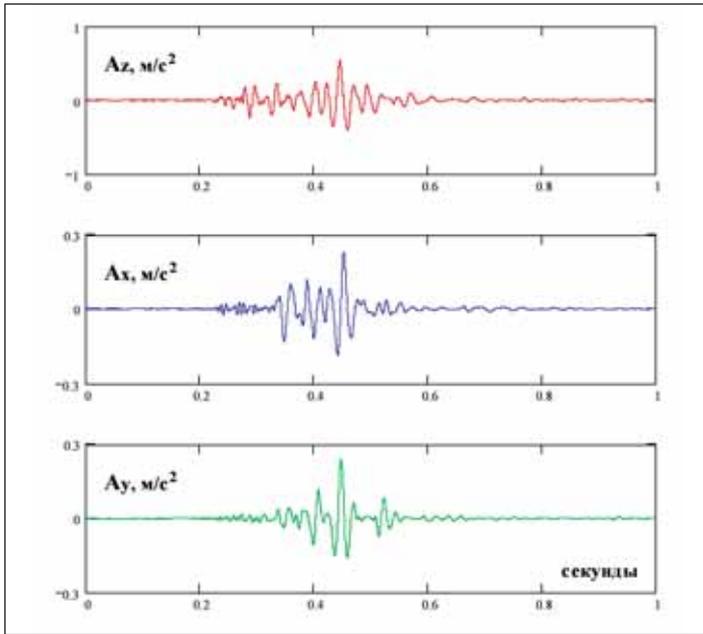


Рис. 4. Акселерограммы колебаний дневной поверхности. Красная – вертикальные колебания, синяя – горизонтальные вдоль оси станции, зеленая – тангенциальные колебания

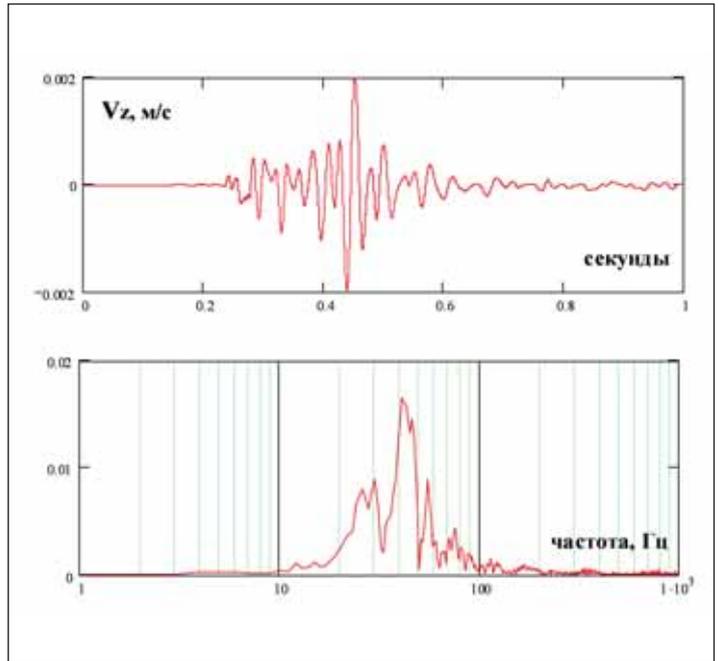


Рис. 5. Скорости вертикальных колебаний дневной поверхности и ее амплитудный спектр

лебания. Ускорения приведены в м/с^2 , время в секундах. Максимальное радиальное (по вертикали) ускорение составило $0,47 \text{ м/с}^2$. Из рис. 4 видно, что амплитуда вертикальных колебаний в три раза больше, чем горизонтальных. Это естественный результат, так как вертикальное направление близко к радиальному. Продолжительность колебаний составляла около 0,4 с.

На рис. 5 (вверху) приведена велосиграмма вертикальных колебаний, полученная интегрированием акселерограммы. Максимальная радиальная скорость колебаний составляет $2,0 \text{ мм/с}$. На рис. 5 (внизу) показан спектр этой велосиграммы. Основные частоты колебаний лежат в полосе от 10 до 60 Гц.

В первом эксперименте забой совпадал с кольцом К-70. Забой был разбурен 105-ю шпурами. Масса деструктора в этом эксперименте $Q = 30 \text{ кг}$; гипоцентрального расстояния $R = 39 \text{ м}$. Полученные в этом эксперименте акселерограммы, велосиграммы и их спектры качественно такие же, как на рис. 4 и 5, однако величина максимального радиального ускорения составляла $0,07 \text{ м/с}^2$, а величина максимальной радиальной скорости колебаний – $0,24 \text{ мм/с}$. Они в 7–8 раз меньше, чем на рис. 4 и 5. Этот эффект связан с тем, что при подготовке первого эксперимента проходчики выбрали глину из забоя над слоем известняка, что привело к созданию новой свободной поверхности, через которую сейсмическая волна не проходит.

В третьем эксперименте забой совпадал с кольцом К-77. Забой был разбурен 80-ю шпурами. Масса деструктора в этом эксперименте $Q = 28 \text{ кг}$; гипоцентрального расстояния $R = 42 \text{ м}$. Полученные в этом эксперименте акселерограммы, велосиграммы и их спектры и качественно и количественно такие же, как во втором эксперименте. Величина максимального радиального ускорения составляла $0,625 \text{ м/с}^2$, а величина максимальной радиальной скорости колебаний – $2,4 \text{ мм/с}$.

Сравним сейсмическое действие деструктора на проходке наклонного хода станции «Бутырская» с сейсмическим действием БВР с аммонитом (БЖВ) при проходке горных выработок станции «Петровско-Разумовская». Как уже обсуждалось выше, сейсмический эффект взрыва определяется зависимостью максимальной скорости радиальных колебаний от приведенного гипоцентрального расстояния. Эта зависимость для БВР показана на рис. 1. Зарегистрированные в трех вышеописанных экспериментах с деструктором значения максимальной радиальной скорости колебаний представлены на рис. 1 красными кружками. При определении приведенного расстояния были взяты гипоцентрального расстояния R , равные 39, 40 и 42 м и в качестве массы «заряда» Q масса деструктора 30, 40 и 28 кг.

Из рис. 1 видно, что максимальные скорости колебаний от деструктора «лежат» существенно ниже зависимости М. А. Садовского для БВР с аммонитом. Согласно рис. 1 в первом эксперименте на приведенном расстоянии 12,58 $\text{м/кг}^{1/3}$ максимальная скорость колебаний от аммонита (синяя прямая) должна быть около 67 мм/с . Отсюда следует, что при одинаковой массе деструктора и аммонита (30 кг) сейсмическое действие деструктора на дневной поверхности в 280 раз меньше, чем от взрыва аммонита. Для второго эксперимента на приведенном расстоянии 11,67 $\text{м/кг}^{1/3}$ максимальная скорость колебаний от аммонита (синяя прямая) должна быть около 76,7 мм/с . Отсюда следует, что при одинаковой массе деструктора и аммонита (40,25 кг) сейсмическое действие деструктора на дневной поверхности в 38 раз меньше, чем от взрыва аммонита. В третьем эксперименте на приведенном расстоянии 13,8 $\text{м/кг}^{1/3}$ от аммонита ожидалась скорость колебаний 57,7 мм/с и следовательно при одинаковой массе деструктора и аммонита (28 кг) сейсмическое

действие деструктора на дневной поверхности в 24 раза меньше, чем от взрыва аммонита.

Конечно, данные для деструктора на рис. 1 демонстрируют большой разброс. Если исключить первый эксперимент, особенность проведения которого обсуждалась выше, то во втором и третьем эксперименте сейсмическое действие деструктора на дневной поверхности в 38 и 24 раза слабее, чем аммонита. Различие в 1,6 раза вполне приемлемый результат для литологически неоднородного массива породы над выработкой.

Когда сравнивают эффективность различных ВВ, то более адекватным считается сравнение не по амплитуде волн, а по тротиловому эквиваленту. Тротильный эквивалент может определяться по различным параметрам. В нашем случае определим тротильный эквивалент по максимальной скорости колебаний. Тротильный эквивалент деструктора в первом случае – это масса заряда тротила – $Q_{\text{экв}}$ для которой на эпицентрального расстоянии $R = 39 \text{ м}$ максимальная скорость колебаний составляет $V = 0,24 \text{ мм/с}$. Естественно не делать различий между тротилом и аммонитом (БЖВ) (тротильный эквивалент аммонита (БЖВ) равен 0,9–1,0), тогда из формулы (1) для значений $R = 39 \text{ м}$ и $V = 0,24 \text{ мм/с}$ получим массу эквивалентного заряда аммонита $Q_{\text{экв}} = 0,0014 \text{ кг}$. Это означает, что от взрыва аммонита массой 1,4 г и от деструктора массой 30 кг сейсмические волны на расстоянии 39 м будут идентичны. Если взять отношение массы эквивалентного тротилового заряда 1,4 г к массе деструктора 30 кг, то получим коэффициент $\eta = 0,00005$, который называется тротильным эквивалентом деструктора. Это означает, что по сейсмическому действию 1 кг деструктора соответствует 0,05 г тротила.

Тротильный эквивалент деструктора во втором эксперименте – это масса заряда тротила – $Q_{\text{экв}}$ для которой на эпицентрального расстоя-

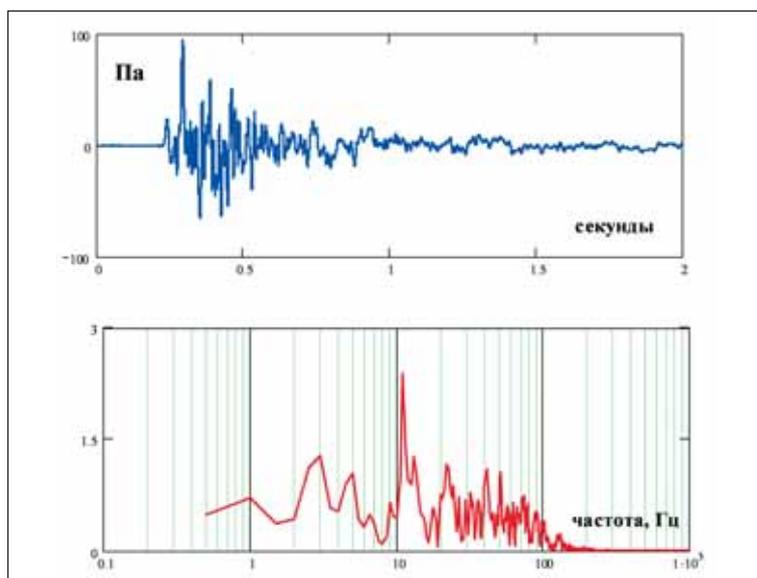


Рис. 6. Воздушная ударная волна и ее амплитудный спектр

нии $R = 40$ м максимальная скорость колебаний составляет $V = 2,0$ мм/с. Из формулы (1) для этих значений R и V получим массу эквивалентного заряда аммонита $q_{\text{экв}} = 0,065$ кг. Это означает, что от взрыва аммонита массой 65 г и от деструктора массой 40,25 кг сейсмозрывные волны на расстоянии 40 м будут идентичны. Если взять отношение массы эквивалентного тротилового заряда к массе деструктора, то получим тротильный эквивалент деструктора $\eta = 0,0016$. Это означает, что по сейсмическому действию 1 кг деструктора соответствует 2,6 г тротила.

Аналогичные расчеты для третьего эксперимента дали тротильный эквивалент деструктора $\eta = 0,0037$.

Пример воздушной волны от деструктора и ее спектр показаны на рис. 6. Эта волна была зарегистрирована в третьем эксперименте на расстоянии 20 м от выхода наклонного хода станции на дневную поверхность (это расстояние эпицентрального). Амплитуда волны 95 Па. Ее основная частота около 10 Гц – это область инфразвуковых волн. Такая волна безопасна для остекления окружающей застройки и не может оказать негативное воздействие на слуховой аппарат человека.

На рис. 7 приведена зависимость амплитуды воздушной волны от приведенного эпицентрального расстояния. Синие значки – это амплитуда, зарегистрированная при БВР по проходке наклонного хода станции «Чистые пруды». По этим данным проведена усредняющая зависимость вида (1) со степенью затухания $n = 1,5$ [2]. Коэффициент K получился равным 13000. Красные значки – амплитуды воздушной волны от деструктора. Рис. 7 показывает, что акустическое действие деструктора также существенно более слабое, чем БВР. Например, для третьего эксперимента амплитуда получилась 95 Па, а согласно рис. 7 на этом эпицентральном расстоянии от аммонита можно было ожидать 770 Па или в 8 раз больше. Из рис. 7 также следует, что массе деструктора 28 кг соответствует масса аммонита 0,427 кг.

Для практики важен расход деструктора для разрушения 1 м³ породы. При работах на земной поверхности получена приблизительная эквивалентность расхода деструкторов и аммонита бЖВ. Что касается расходов в подземных условиях, то пока рекомендации дать затруднительно. Расход зависит от сетки шпуров (задается требованиями проходчиков на габарит откальваемых кусков породы), наличием или отсутствием дополнительной свободной поверхности, крепости породы, глубины и диаметра шпуров. Согласно предварительным данным расход деструктора укладывается в 1,5 кг/м³, хотя может доходить и до 2,5 кг/м³.

Выводы

Сделаем выводы, основываясь на втором и третьем экспериментах, в которых сейсмическое действие было более сильным, чем в первом эксперименте. Для этих экспериментов среднее значение тротилового эквивалента $\eta = 0,0026$. Тогда можно заключить, что сейсмическое действие деструктора при проходке наклонного хода в известняке существенно более слабое, чем сейсмическое действие БВР при такой же проходке со штатными ВВ. Тротильный эквивалент сейсмического действия деструктора в известняке составляет $\eta = 0,0026$.

На основании выполненных исследований сейсмическое действие деструктора или амплитуду сейсмической волны V при разрушении известняка деструктором следует определять по зависимости (1), которая установлена для аммонита, но при этом в формулу (1) следует подставлять эквивалентную массу ηQ деструктора, т. е. сейсмическое действие деструктора следует рассчитывать по формуле:

$$V = 5 \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{\eta Q}}{R} \right)^{1,7} \text{ м/с, (3)}$$

где Q – масса деструктора в кг,
 η – тротильный эквивалент деструктора в известняке,
 R – гипоцентрального расстояния в м,

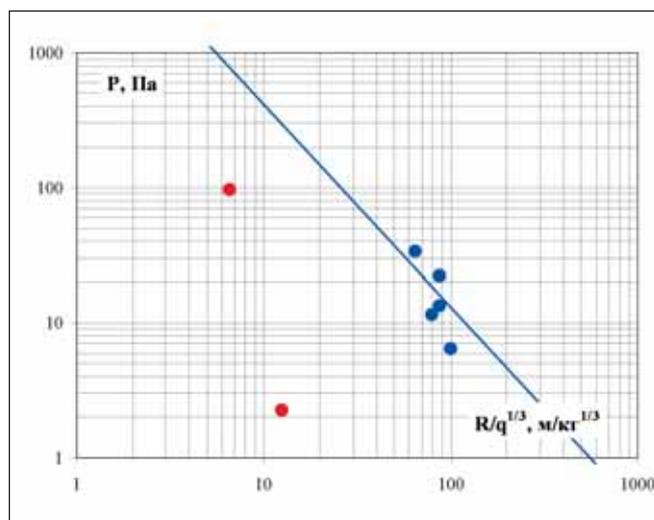


Рис. 7. Зависимость амплитуды воздушной волны от приведенного эпицентрального расстояния. Синие значки – измерения при БВР. Красные значки – от деструктора

V – расчетная максимальная радиальная скорость колебаний в м/с.

К этому следует добавить и другие достоинства деструктора:

- деструктор безопасен в обращении. Его горение не переходит в детонацию. Он не входит в классификацию ВВ Ростехнадзора;
- компоненты деструктора также не являются взрывчатыми смесями, не требуют специализированных складов хранения и охраны;
- деструктор не требует средств взрывания типа электродетонаторов. Иницирование горения деструктора осуществляется электровоспламенителями фейерверочного типа.

Ключевые слова

Буровзрывные работы, сейсмические колебания, шпуровые заряды, аммонит, деструктор, тротильный эквивалент.

Keywords: Blasting, seismic vibrations, hole charges, Ammonite, Destructor, TNT equivalent

Список литературы

1. Садовский М. А. Сейсмический эффект взрывов. // Труды всесоюзного совещания по буровзрывным работам. Гостоптехиздат. 1940, с. 290–319.
2. Цейтлин Я. И. и Смолий Н. И. Сейсмические и ударные воздушные волны промышленных взрывов. Изд. Недра, 1981. 192 с.
3. Технические правила ведения взрывных работ в энергетическом строительстве. изд. Института Гидропроект. 1997 г., 232 с.
4. Мосинец В. М. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. Недра. 1976.
5. Патент РФ № 2422637. Устройство для разрушения твердых пород или бетона.

Для связи с авторами

Кочарян Геворг Грантович
 gevorgk@idg.chph.ras.ru
 Акимкин Михаил Сергеевич
 sovintechno@bk.ru
 Куликов Владимир Иванович
 kulikov@idg.chph.ras.ru