

Журнал  
Тоннельной ассоциации России

## Председатель редакционной коллегии

С. Г. Елгаев, доктор техн. наук

## Зам. председателя редакционной коллегии

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

## Ответственный секретарь

В. В. Внутских

## Редакционная коллегия

В. П. Абрамчук  
В. В. Адушкин, академик РАН  
В. Н. Александров  
М. Ю. Беленький  
А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук  
Н. Н. Бычков, доктор техн. наук  
С. А. Жуков  
А. М. Земельман  
Б. А. Картозия, доктор техн. наук  
Е. Н. 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. М. Рахимов, канд. техн. наук  
Б. И. Федунец, доктор техн. наук  
Т. В. Шепитько, доктор техн. наук  
Е. В. Щекудов, канд. техн. наук  
Ш. К. Эфендиев, председатель  
ТА Азербайджана

## Тоннельная ассоциация России

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

## Издатель

ООО «Метро и тоннели»

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

e-mail: metrotunnels@gmail.com

## Генеральный директор

О. С. Власов

## Компьютерный дизайн и вёрстка

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов  
журнала только с письменного  
разрешения издательства  
© ООО «Метро и тоннели», 2017

### Выставки и конференции

Освоение подземного пространства – как решение  
градостроительных проблем

Д. С. Конюхов, А. А. Андреев,  
А. А. Вдовин, Д. С. Петунина

2

### Новые технологии

Применение технологии компенсационного  
нагнетания для стабилизации высотного положения  
фундамента центрифуги

В. Е. Меркин, Д. С. Конюхов,  
А. Н. Симутин, Г. М. Медведев

6

### Проектирование

Применение активного узла секционирования  
для схемы питания контактной сети метрополитена

А. Б. Куровский

8

Опыт проектирования и строительства односводчатой  
станции глубокого заложения в устойчивых породах  
на примере станции «Торговый центр» г. Челябинск

Д. Н. Белецкий, И. С. Туренский

10

### Гидроизоляция

Эффективные конструкции на основе композитов  
для гидроизоляции подземных сооружений транспортного  
назначения, возводимых открытым способом

В. Е. Меркин, Т. Е. Кобидзе, Г. В. Потапов

14

Требуемая водонепроницаемость обделки  
и конструктивных элементов тоннеля

Ю. Н. Куликов, Е. Ю. Куликова

17

### О тоннелях и тоннельщиках

Памяти Эзара Владимировича Сандуковского

Н. Н. Соловьева

19

### Горноспасательное дело

Как появилась горноспасательная служба на Метрострое

В. З. Коган

20

### Вопросы высшего образования

О некоторых вопросах реформирования  
высшего горного образования (1958–2016 гг.)

Б. А. Картозия

22

### Железнодорожный транспорт

О развитии российского пассажирского и грузового  
железнодорожного коридора Шелкового пути

А. С. Мишарин

30

### Геомеханика

О необходимости совершенствования  
физических основ геомеханики

В. П. Абрамчук, А. Ю. Педчик,  
В. В. Костенко, Ф. Г. Меденков, А. К. Пак

34

### Тоннельщики смеются

От трагедии до комедии – один шаг

В. З. Коган

38

### Научно-техническое сопровождение

Научно-техническое сопровождение строительства  
объектов метрополитена. Основные виды работ

Д. С. Конюхов

40

### Зарубежный опыт

Проектирование и эксплуатация ТБМ  
с грунтопригрузом в условиях валунного грунта

Уж Юнг Ким

43

# СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Строительство станции  
«Торговый центр»  
г. Челябинск  
(с. 10)

# ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА – КАК РЕШЕНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

Д. С. Конюхов, А. А. Андреев, А. А. Вдовин, Д. С. Петунина, АО «Мосинжпроект»



Рис. 1. Делегация Тоннельной ассоциации России на Всемирном тоннельном конгрессе – 2017 в г. Берген (Норвегия)

**Всемирный тоннельный конгресс и 43-я Генеральная ассамблея Международной тоннельной ассоциации (ITA) прошли с 9 по 15 июня 2017 г. в г. Берген (Норвегия) под девизом «Surface challenges – Underground solutions» («Проблемы поверхности – подземные решения»).**

**В** конгрессе приняли участие более 1500 делегатов от Тоннельных ассоциаций 74-х стран. Команда Тоннельной ассоциации России включала в себя 23 человека, представлявших АО «Мосинжпроект», АО «Мосметрострой» и АО «Ленметрогипротранс» (рис. 1).

На открытии конгресса выступили наследный принц Королевства Норвегия Хаакон Магнус (рис. 2) и президент ИТА Тарчизио Селестино.

Во вступительных докладах отмечалось, что общий объем инвестиций в тоннелестроение и освоение подземного пространства в мире в 2016 г. достиг 86 млрд евро. Был отмечен рост тоннелестроения

на Ближнем Востоке, где инвестиции в отрасль составили 10,2 млрд евро, что сопоставимо с объединённой Европой (9,7 млрд евро). Лидером мирового тоннелестроения остаётся Китай, занимающий около 50 % рынка. Международная тоннельная ассоциация прогнозирует рост мирового рынка тоннелестроения до 680 млрд евро в течение восьми лет, при том что 75 % от общего объёма тоннелестроения будет сосредоточено в Индии, Юго-Восточной Азии и Китае.

Затем, в течение шести дней было представлено 120 лекций и 340 технических докладов, отражающих ключевые проблемы отрасли.

Основное направление научных и технических докладов было задано лекцией профессора Хакана Стилле из Королевского технологического института в Стокгольме на тему «Геологические неопределенности в тоннелировании – оценка рисков и обеспечение качества», говорившего о том, что, по сравнению с другими отраслями гражданского строительства, тоннелестроение имеет наибольшую сложность именно из-за большой неопределенности грунтовых условий. Своевременный геологический контроль и геотехнический мониторинг позволяют предотвратить такие аварийные ситуации, как обрушение крепи и затопление тоннеля, а применение наблюдательного мето-





Рис. 2. Выступление наследного принца Королевства Норвегия Хаакона Магнуса



Рис. 3. Схема линии метро Махмутбей – Мечидиекой, Стамбул, Турция



Рис. 4. Рабочие органы ТПМК Herrenknecht, Lovat и Terratec

да, как основы геотехнического мониторинга, является обязательным и может рассматриваться как часть оценки рисков и контроля качества. В качестве отдельной проблемы профессором Стилле была отмечена необходимость адаптации Еврокодов 7 (EC7) к проблемам горного дела.

Все лекции и доклады были разбиты на 12 секций.

На пленарном заседании было представлено 7 лекций и докладов, посвященных таким крупным инфраструктурным проектам, как расширение метрополитена, прилегающего к Национальному театру Норвегии в Осло, и Метро на Второй Авеню в Нью-Йорке. В частности, был заслушан доклад о строительстве метрополитена в Стамбуле (Турция). В ближайшем будущем там планируется построить 400 км новых тоннелей метрополитена. Геологические условия Стамбула очень сложны, часто на небольшом расстоянии соседствуют твердые скальные и слабые нескальные грунты. Тоннели линии метро Махмутбей – Мечидиекой (18,5 км парных тоннелей) (рис. 3), которые в данный момент проходятся тремя разными ТПМК с грунтопригрузом (Herrenknecht, Lovat и Terratec (рис. 4)), дают уникальную возможность исследовать влияние изменения инженерно-геологических условий на работу ТПМК. Турецкими специалистами разработана общая модель для прогнозирования производительности ТПМК с грунтопригрузом в сложных геологических условиях, принимающая в расчет дизайн режущих инструментов, физико-механические свойства грунтов и относительное положение щита.

Эта тема была продолжена на специальной секции, посвященной проходке тоннелей в слабых и смешанных грунтах. В частности, южнокорейскими специалистами были доложены результаты исследований износа режущих инструментов ТПМК в нескальных грунтах и описана методика прогнозирования срока службы ножевой части щита.

Отдельная секция была посвящена проблемам использования подземного пространства. На секции рассматривались коммерческие направления использования подземного пространства, «подземные консорциумы» и то, как города могут использовать подземное пространство для устойчивого развития.

Японские специалисты рассказали о своём опыте проектирования и строительства подземного вестибюля в Токио, соединяющего переходами комплекс небоскрёбов крупнейших деловых районов Гинза и Хибия и станцию метрополитена «Хибия» 4-й линии (рис. 5). В рамках разработки генерального плана развития города и подготовки к проведению в Токио Олимпийских и Паралимпийских игр 2020 г. был спроектирован крупный подземный вестибюль, который должен соединить станцию метро переходами с близлежащими зданиями. Первоначально предполагалось строительство вестибюля в котловане прямоугольного поперечного сечения. Однако в связи с большим количес-

Рис. 5. План и разрез вестибюля

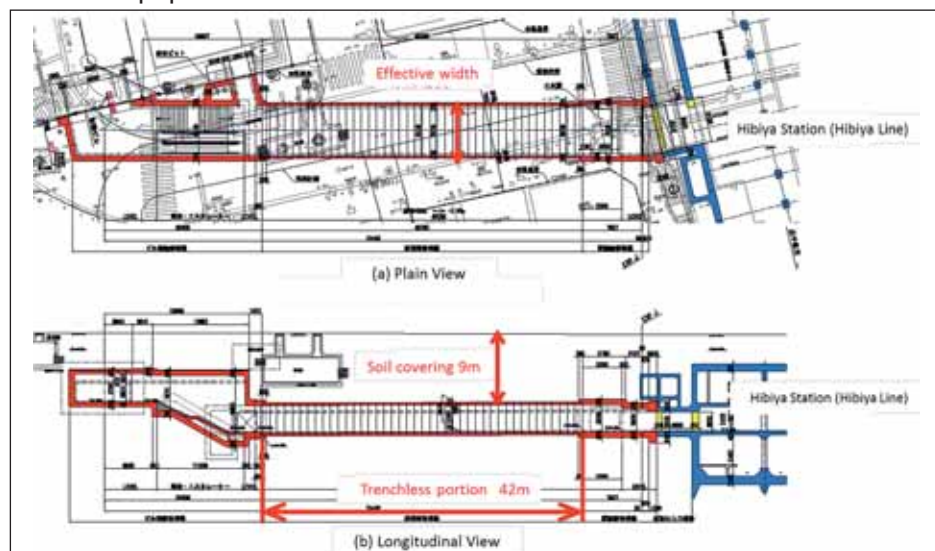






Рис. 6. Рабочая часть ТПМК прямоугольного сечения с качающимися ножами: а – верхняя фреза втянута; б – верхняя фреза выдвинута



Рис. 7. Построенный фрагмент вестибюля

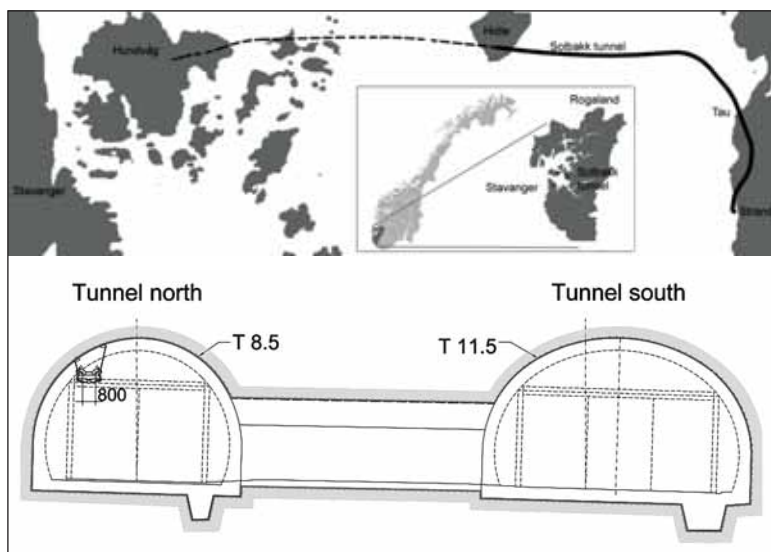


Рис. 8. Тоннель Solbakk, Норвегия

твом дополнительных требований, предъявленных проектировщикам, остановились на методе продавливания тоннелепроходческим комплексом прямоугольного сечения с качающимися ножами, подобных которому в мире всего несколько штук (рис. 6). В докладе были рассмотрены общие принципы устройства такого рода подземных помещений, призванных соединить имеющиеся в районе подземные сооружения, например, здания и станции метрополитена, а также некоторые детали использованных методов строительства (рис. 7).

Специальные секции были посвящены строительству тоннелей в скальных грунтах и применению БВР. В них большой блок докладов был связан с укреплением нарушенных зон в скальных грунтах, а также различными методами откатки разработанной породы.

Представители Корейского института науки и технологии доложили о результатах исследований воздействия цементации на жёсткость на сдвиг составного цементно-скального массива. Регулярно расположенные, соединённые в плоскости скальные колонны, составленные из положенных друг на друга круглых камней, моделировались в качестве эквивалентной среды для распростра-

нения волн. Цементация моделировалась соединением соседних каменных дисков с помощью микроцемента. Были проведены резонансные испытания колонны для различного времени отверждения, осевой нагрузки, начального состояния шероховатости краёв и толщины цементируемого шва. Полученные результаты были использованы для математического моделирования проходки тоннеля в цементированном скальном грунте.

Норвежские специалисты рассказали об использовании конвейерной системы для удаления разработанной породы при строительстве морского тоннеля Solbakk (Сольбак). Двойной тоннель Solbakk в настоящее время является самым длинным и самым глубоким строящимся автодорожным тоннелем под дном моря: его общая длина составляет 14,3 км, а максимальная глубина – 292 м (рис. 8). Тоннель разрабатывается обычным буровзрывным методом, для вывоза разработанной породы используется конвейерная система (рис. 9). Докладчиками были рассмотрены два традиционных способа транспортировки отходов – на тележках или конвейером, их различия, преимущества и недостатки логистики и вытекающие из них выгоды для проекта, проанализированы энер-

гетический баланс, выделение парникового газа и воздействие на здоровье и безопасность людей (рис. 10).

Специальная секция рассматривала проблемы строительства инженерных коллекторов и энергетических сооружений. Представители фирмы «Херренкнехт» доложили о применении щитовой проходки для прокладки системы глубоких коллекторов сточных вод в 2008 г. в Сингапуре. Такая система, построенная в Абу Дави, включает в себя главный коллектор, вспомогательные тоннели и насосные станции и является эффективным и экономичным решением долгосрочных проблем сбора, обработки и утилизации сточных вод.

В ещё одном докладе представители компании «Херренкнехт» рассказали об опыте использования ТПМК для проходки межтоннельных сбоек протяжённостью от 18 до 130 м в различных геологических условиях (рис. 11).

В большом блоке докладов рассматривались различные аспекты безопасности строительства и эксплуатации тоннельных сооружений.

На примере Скоростного участка железных дорог Италии между Генуей и Миланом были подробно рассмотрены результаты ис-



Рис. 9. Конвейерная откатка породы

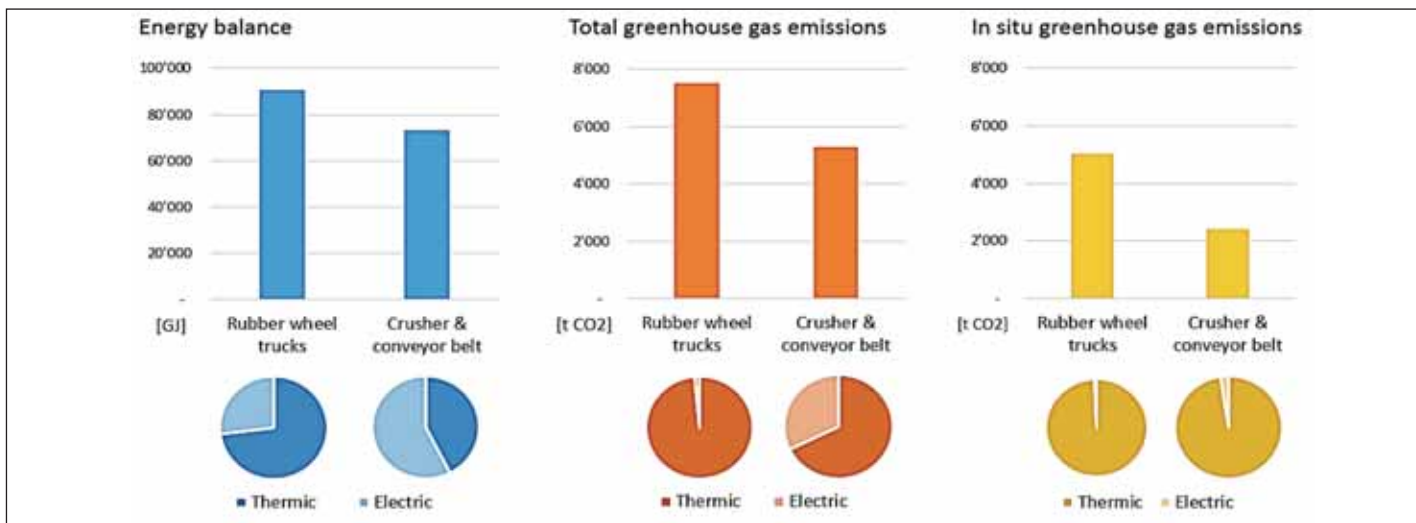


Рис. 10. Сопоставление различных аспектов конвейерной и традиционной откатки породы

следований термомеханического воздействия огня на сборную обделку, армированную полимерной фиброй. Сборная обделка из фибробетона применяется для крепления более чем 25 км перегонных тоннелей диаметром около 10 м, сооружаемых в скальных грунтах. Было выполнено моделирование термомеханического воздействия и разрушения бетона при последовательном увеличении температуры с применением для внутренней поверхности обделки кривых возгорания EUREKA (2008/163/CE) и RWS (UNI 11076) на 120 минут.

В докладе швейцарских специалистов подробно рассматривались вопросы, связанные с канцерогенными свойствами, токсичностью, биораспадом и использованием возобновляемого сырья при использовании различных химических добавок в тоннелестроении.

Во время Генеральной Ассамблеи ИТА в её состав была принята Нигерия, ставшая 74-м членом Международной тоннельной ассоциации. Президент Тоннельной ассоциации Нигерии г-н Абидеми Агвор в своей речи отметил, что «Членство в ИТА, безусловно, будет способствовать нашим усилиям по более широкому использованию подземного пространства в Нигерии. Мы составили для себя 10-летний стратегический план, который планируем не только выпол-

нить, но и перевыполнить, а стать страной-членом ИТА – это ключ к достижению этих целей. Наша цель состоит в том, чтобы содействовать достижению целей устойчивого развития, установленных Организацией Объединенных Наций, в первую очередь решению проблем водоснабжения и канализации, инфраструктуры и окружающей среды, и мы знаем, что они также являются основными глобальными целями ИТА».

В настоящее время Нигерия является самой экономически развитой страной на Африканском континенте. Объем экономики Нигерии равен 520,1 млрд долларов США с возможной скоростью роста более 5 % в год. Установленной ООН Программой устойчивого развития Африканских городов, предполагается к 2030 г. обеспечить всеобщий «универсальный и справедливый доступ к безопасной и доступной питьевой воде». В 2010 г. в Лагосе было запущено четыре очистных сооружения, а с 2011 г. госу-



Рис. 11. Демонтаж ТПМК AVN3000 после проходки сбойки

дарство планировало построить десять новых «мега станций очистки сточных вод» в течение пяти лет.

Также на Генеральной Ассамблее прошёл выбор принимающей страны Всемирного тоннельного конгресса 2020 г. Из трех претендентов была выбрана Малайзия с 30 голосами против 22 для Австралии. Тема Всемирного тоннельного конгресса 2020 г. – «Инновации и устойчивое метростроение».

#### Список литературы

1. *Proceedings of the Wörff Tunnel Congress 2017/ 9–15th June 2017, Bergen, Norway.*



# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЕНСАЦИОННОГО НАГНЕТЕНИЯ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ФУНДАМЕНТА ЦЕНТРИФУГИ

## COMPENSATION TECHNOLOGY FOR HIGH-ALTITUDE STABILIZATION REGULATIONS OF CENTRIFUGES FOUNDATION

**В. Е. Меркин**, д. т. н., НИЦ Тоннельной ассоциации

**Д. С. Конюхов**, к. т. н., НИЦ ОПП АО «Мосинжпроект»

**А. Н. Симутин**, НИЦ ОПП АО «Мосинжпроект»

**Г. М. Медведев**, НИЦ Тоннельной ассоциации

**V. E. Merkin**, Dr. of technical sciences, Science-research centre Tunneling Association

**D. S. Konuhov**, Candidate of technical sciences, LLC «Mosinzhproekt»

**A. N. Simutin**, LLC «Mosinzhproekt»

**G. M. Medvedev**, Science-research centre Tunneling Association

Предложен метод регулируемого строительного подъема зданий и сооружений, получивших осадки в результате проходки под ними тоннелей. Контроль подъема зданий осуществляется за счёт предварительно рассчитанного положения зон нагнетания, последовательности инъецирования и объема закачиваемого раствора. Управление процессом компенсационного нагнетания выполняется программным комплексом, согласовывающим работу насосного оборудования в соответствии с результатами непрерывного планово-высотного мониторинга фундамента и корректирующим технологические параметры компенсационного нагнетания. Описаны примеры практического применения метода.

*Method of controlled lifting construction of buildings and structures that have received rainfall as a result of tunnels sinking beneath them.*

*Control of lifting buildings expense previously calculated discharge zone regulations, consistency of injection and volume of the injected solution. Managing the process of discharge of a compensation is done in software complex, for pumping equipment work harmonization in accordance with the results of the continuous planning and high-altitude monitoring foundation, and the curative process parameters of the compensation. Describe examples of the practical application of the method.*

Особенность современного строительства ва перегонных тоннелей Московского метрополитена заключается в том, что в плотной городской застройке трасса перегонных тоннелей нередко проходит непосредственно под эксплуатируемыми зданиями и сооружениями.

При проходке тоннелей под фундаментами зданий и сооружений, даже при соблюдении всех требований технологического регламента по минимизации осадок, такие как нагнетание тампонажных растворов через специальные порты непосредственно за ротором или усиление основания, фундаменты существующих зданий зачастую все равно получают дополнительные вертикальные и горизонтальные перемещения. В случае, когда фундаменты здания или оборудования изначально не допускают дополнительные перемещения, возникает необходимость восстановления их исходного высотного положения.

Одним из наиболее эффективных методов, позволяющих восстанавливать высотное по-

ложение фундаментов и ликвидировать их крен, как показала мировая практика последних лет, является технология компенсационного нагнетания. Данную технологию было принято использовать после того как при проходке тоннелей метрополитена под фундаментом центрифуги (рис. 1), использующейся для тренировок летчиков, проявились осадки порядка 30 мм и, что более важно, появилась относительная разность осадок, которая для данного оборудования недопустима.

Суть технологии заключается в нагнетании в заданные точки и с определенной последовательностью инъекционных растворов в основание фундамента через предварительно установленные манжетные инъекторы с целью получения строительного подъема (рис. 2).

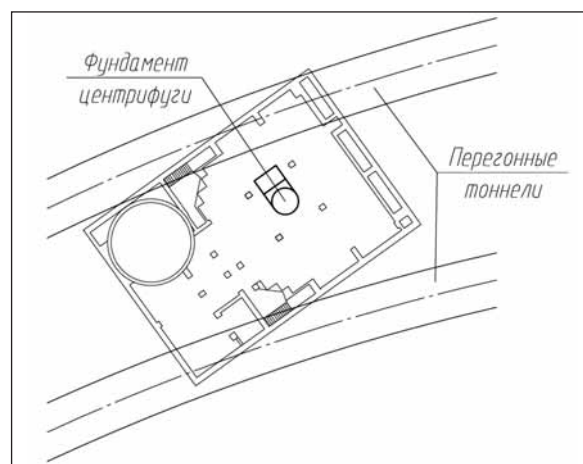


Рис. 1. План расположения перегонных тоннелей и здания центрифуги

Принятые в проекте технологические решения были обоснованы с использованием расчета методом конечных элементов (МКЭ) в программном комплексе Z-Soil (рис. 3).

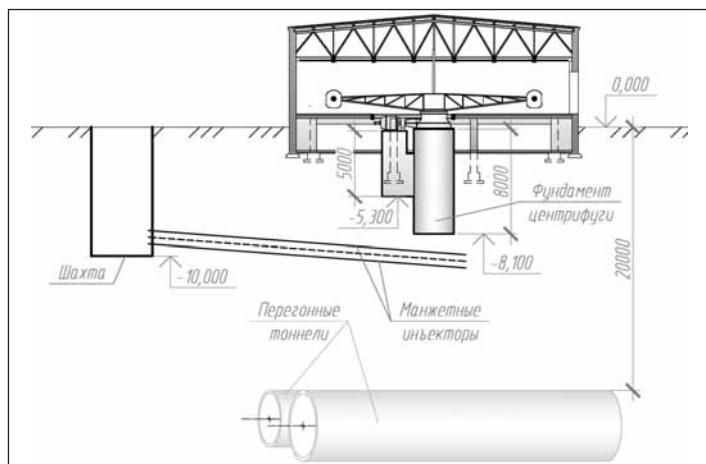


Рис. 2. Поперечный разрез по зданию центрифуги и котлована с устроенными манжетными инъекторами

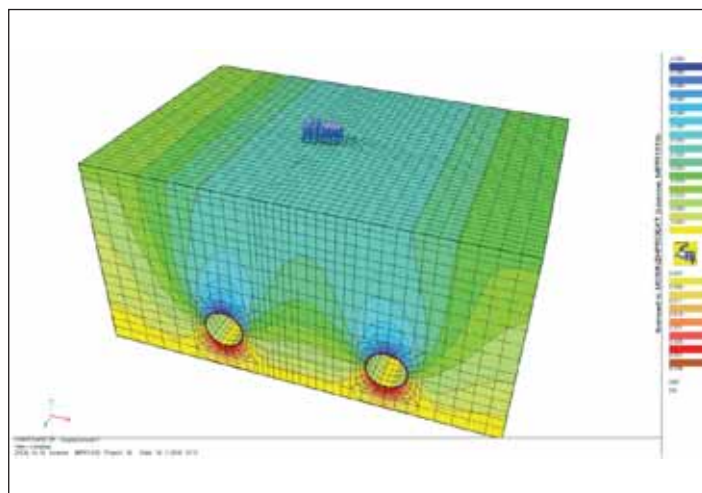


Рис. 3. Результаты расчета в ПК Z-Soil

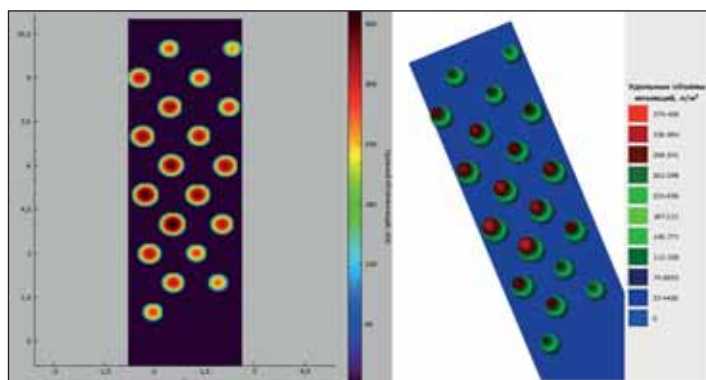


Рис. 4. Изополя удельных объемов инъекций, выполненных за сутки



Рис. 5. Датчики гидростатического нивелирования, установленные на фундаменте центрифуги

Численное решение на основе МКЭ позволило учесть положение зон нагнетания, последовательность инъектирования и их объем, оценивая на всех этапах эффективность компенсационного нагнетания.

Управление процессом компенсационного нагнетания выполняется в соответствии с разработанным ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» программным обеспечением (рис. 4), согласовывающим работу насосного оборудования в соответствии с результатами непрерывного плано-высотного мониторинга фундамента, для корректировки технологических параметров компенсационного нагнетания.

Отслеживание изменения высотного положения, помимо стандартных геодезических методов, выполняется в автоматизированном режиме с помощью датчиков гидростатического нивелирования (рис. 5), подключенных к сетевому программному комплексу Monitron.xyz (рис. 6), что позволяет следить за всеми работами по компенсационному нагнетанию из любой точки мира в режиме реального времени.

Описанная выше технология ранее успешно применялась для безосадочной проходки перегонных тоннелей строящейся Люблинско-Дмитровской линии Московского метрополитена под комплексом зданий по адресу Дмитровское шоссе, д. 71, а также для восстановления первоначального положения здания по Ленинградскому просп., д. 35 в г. Москве, получившего сверхнормативные



Рис. 6. Отображение информации по высотному положению фундамента через сеть интернет в программном комплексе Monitron.xyz

деформации в процессе строительства перегонных тоннелей Третьего пересадочного контура.

#### Ключевые слова

Тоннель, метрополитен, компенсационное нагнетание, осадка здания.

*Tunnel, subway, compensatory injection, building settlement.*

#### Для связи с авторами

Меркин Валерий Евсеевич  
nizta@inbox.ru  
Конюхов Дмитрий Сергеевич  
gidrotechnik@inbox.ru  
Симутин Алексей Николаевич  
simutin@inbox.ru  
Медведев Григорий Михайлович  
nizta@inbox.ru

# ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНОГО УЗЛА СЕКЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ СХЕМЫ ПИТАНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ МЕТРОПОЛИТЕНА

## APPLICATION OF THE ACTIVE SECTIONING UNIT FOR THE POWER SUPPLY DIAGRAM OF THE UNDERGROUND CONTACT SYSTEM

А. Б. Куровский, главный инженер проектов АО «Моспромпроект»

A. B. Kurovsky, Chief Project Engineer of JSC «Mospromproekt»

Для проектирования новых линий Московского метрополитена рассмотрено применение активного узла секционирования (АУС) для схемы питания контактной сети метрополитена, разработанной АО «Моспромпроект». АУС состоит из двух частей: двухполюсный разъединитель и промежуток контактного рельса (КР) с нейтральными вставками. Промежуток КР с нейтральными вставками может применяться отдельно, т. к. он полностью эквивалентен неперекрываемому воздушному промежутку контактного рельса (ВПКР), но обходится без концевых отводов КР.

*Application of the active sectioning unit (AUS) for the power supply diagram of the underground contact system, developed by Mospromproekt JSC, was considered for the design of new Moscow Metrolines.*

*AUS consists of two parts: a two-pole disconnecter and a contact rail (CR) gap with neutral inserts. The gap of the CR with neutral inserts can be applied independently, as it is completely equivalent to the non-overlapping air gap of the contact rail (AGCR), but it dispense with the end bends of the CR.*

На рис. 1 представлена схема питания контактной сети главных путей метрополитена от АО «Моспромпроект». Назовем ее МПП-схема.

Контактный рельс претерпевает конструктивные разрывы (переход КР с одной стороны тоннеля на другую, входы в притоннельные помещения, съезды на стрелочных переводах, съезды в депо и другие линии). Электрических разрывов в этих местах быть не должно. Эти разрывы обеспечиваются воздушными промежутками КР (ВПКР) с концевыми отводами (длина  $\leq 10$  м; расстояние между токоприемниками (по 2 шт. на каждой стороне вагона) равно 12,6 м), а электрический разрыв восстанавливается кабельными перемычками.

Секционирование контактного рельса необходимо, чтобы была возможность отклю-

чать только участки контактной сети, не отключая всю сеть целиком. Рассмотрим следующие вопросы.

### Неортодоксальные промежутки контактного рельса

В начале своей истории КР – это просто приподнятый ходовой рельс. Обслуживание, а затем и монтаж КР были переданы от службы электроснабжения службе пути, и КР стал составной частью верхнего строения пути, [4, с. 9]. За прошедшие более полувека ходовой рельс обогатился изолирующими стыками, а КР остался обделенным сиротой.

Деление контактной сети на участки (секции) осуществляется в местах присоединения питающих линий к КР. Разрывы КР в этих местах называем токоразделами.

Физический разрыв КР в месте токораздела вовсе необязателен, достаточно электрического разрыва. Для этой цели подходит воздушный промежуток КР шириной  $\geq 3$  мм (обеспечивает изоляцию для напряжения до 3000 В). Для преодоления почти предельного консерватизма службы пути заменим нормальные стыки с обеих сторон перекрываемого ВПКР температурными стыками с зазором 38 мм, а металлические накладки заменим изолирующими с полным натяжением болтов с крутящим моментом 60–80 Н·м (рис. 2а). На самом деле получились классические клееболтовые изолирующие стыки для КР, [4, с. 53]. Второй промежуток – это конструкция из четырех кусков КР с длинами 6, 5, 5 и 6 м, соединенными теми же клееболтовыми изолирующими

Рис. 1. МПП-схема питания контактной сети главных путей

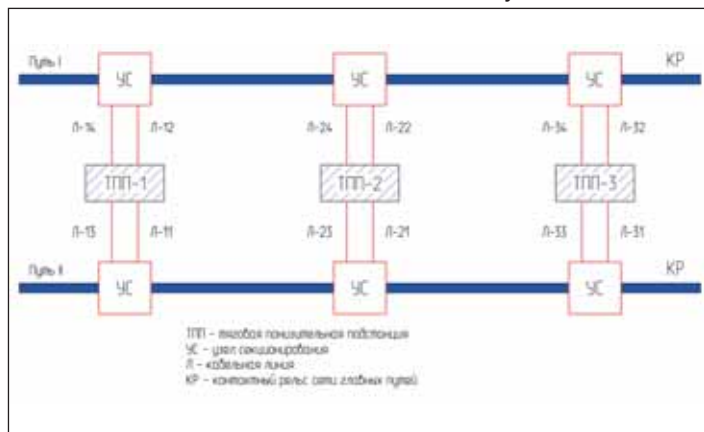
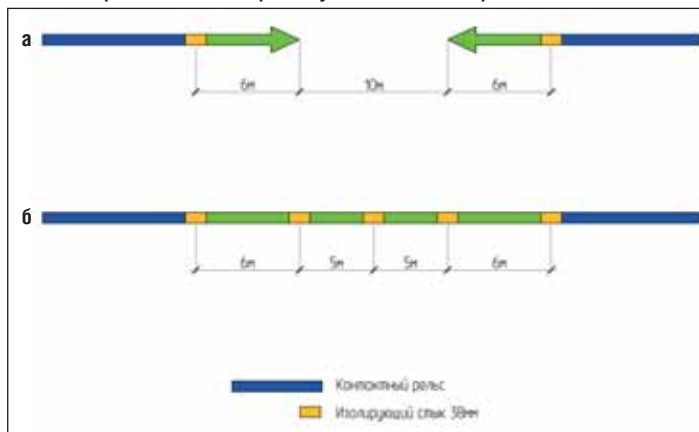


Рис. 2. Неортодоксальные промежутки контактного рельса





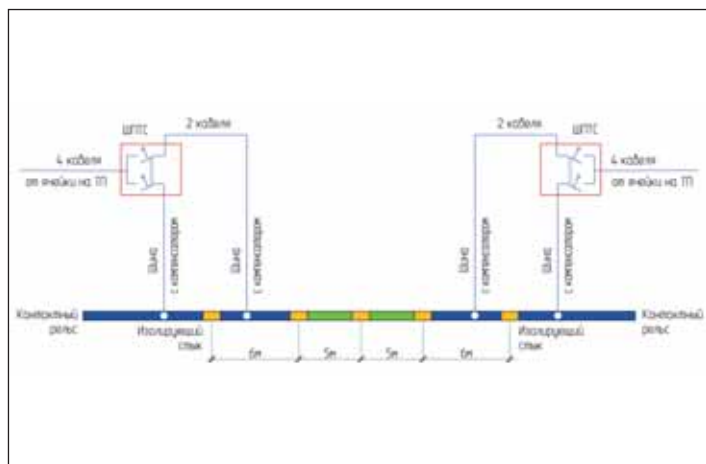


Рис. 3. Активный узел секционирования контактной сети

стыками (рис. 26). Проведенные действия ненаказуемы по СП Метрополитены.

Оба промежутка КР (ПКР) эквивалентны непрерываемому ВПКР, а концевые отводы в первом и короткие отрезки КР во втором служат нейтральными вставками (т. е. не запитываются), показаны зеленым цветом. Идея нейтральных вставок не нова, применяется в метрополитене на контактном шинопроводе в ОРК (в депо), там же применяется изолирующий промежуток шинопровода, [4, с. 87 и рис. 4.10].

#### Применение МПП-схемы питания главных путей

Для секционирования КР в качестве узла секционирования (УС) применим активный узел секционирования [1], рис. 3.

На рис. 4 показана схема секционирования КР в местах, где поезд идет в режиме тяги. При включении двухполюсного разъединителя обеспечивается перекрываемый ПКР, а при отключении ПКР становится непрерываемым (рис. 4а).

В местах съездов в депо и на соединительных ветках поступаем аналогичным образом (рис. 4б).

Таким образом искореняются все непрерываемые ПКР, точнее говоря, при включенных секциях непрерываемых ПКР нет, но они немедля появляются при отключении.

По своей конструкции активный узел секционирования толерантен к режиму (тяги, выбег, торможение) движения поезда. Выберем место для УС максимально близко к тяговой понизительной подстанции (ТПП). Ничто не препятствует перемещению шкафа подключения тяговой сети (ШПТС) на ТПП при помощи шин или шинопроводов. Как предельный вариант возможно перемещение моторного двухполюсного разъединителя прямо в ячейку РУ-825, при этом ручной ремонтный двухполюсный разъединитель оставляем для подстраховки (рис. 5).

Использовать двухполюсный разъединитель подсказала И. В. Артемьева (НИИЭФА-ЭНЕРГО), а применение шинопровода (шины) неоднократно обсуждалось с А. Н. Зарежевским (ГУП «Московский метрополитен»).

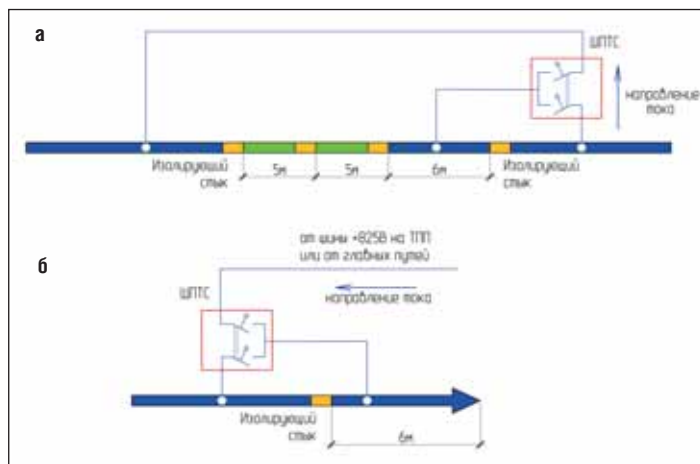


Рис. 4. Схема секционирования контактной сети

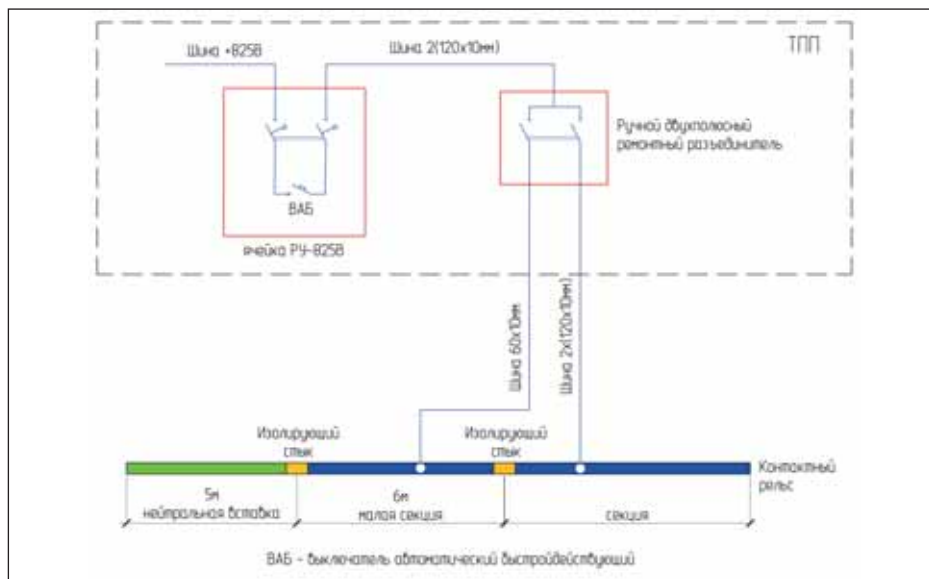


Рис. 5. Перенос разъединителя на ТПП

Путем незапрещенных нормативными документами действий выстроена схема питания контактной сети главных путей со свойствами:

- во включенном состоянии прерывания питания вагонов нет;
- все разъединители сосредоточены на ТПП;
- питающие кабели отсутствуют.

Заметим, что схема питания контактной сети от Метрогипротранса [4, с. 72, рис. 4.2] получается, как частный случай из МПП-схемы, если принять непрерываемый ВПКР в качестве узла секционирования. Тяжелый выбор мест для непрерываемых ВПКР остается за «ПТЭ метрополитенов РФ» [5].

Осталось расположить дроссель-трансформаторы с центральной шиной в окрестности минусовой шины –825 В (а они там и так есть), чтобы заменить отсасывающие кабели медной шиной 2×120×10 или эквивалентным шинопроводом.

А теперь два бонусных вывода:

- для тяговой сети главных путей по МПП-схеме с активными узлами секционирования электрический расчет не нужен;
- проектирование тяговой сети главных путей закрывается.

#### Ключевые слова

Тяговая сеть, контактный рельс, узел секционирования.

*Haunting network, contact rail, sectioning unit.*

#### Список литературы

1. Меркулова А. Д., Куровский А. Б., Поляков Б. Ю., Чумаков Е. Ф. Секционирование контактной сети метрополитена. Неперекрываемые воздушные промежутки контактного рельса, процайте? // Метро и тоннели. – № 5. – 2016. С. 16–17.
2. Электроснабжение метрополитенов, под ред. В. А. Туманова, Москва, 1957.
3. Электроснабжение метрополитенов, под ред. Е. И. Быкова, Москва, 1977.
4. Тяговые сети метрополитенов, Е. И. Быков, Б. В. Панин, В. Н. Путьнин, Москва, 1987.
5. Правила технической эксплуатации метрополитенов Российской Федерации, Москва, 2003.
6. Инструкция по текущему содержанию пути и контактного рельса метрополитенов, Москва, 2005.

#### Для связи с автором

Куровский Александр Борисович  
a.kurovsky@mospp.ru

# ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ОДНОСВОДЧАТОЙ СТАНЦИИ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ В УСТОЙЧИВЫХ ПОРОДАХ НА ПРИМЕРЕ СТАНЦИИ «ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР» г. ЧЕЛЯБИНСК

## EXPERIENCE IN THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE VAULTED DEEP-LEVEL STATIONS IN STABLE ROCKS, FOR EXAMPLE THE STATION «DELOVOY TSENTR», CHELYABINSK

**Д. Н. Белецкий**, начальник группы отдела комплексного проектирования АО «Метрогипротранс»  
**И. С. Туренский**, главный инженер проекта АО «Метрогипротранс»

**D. N. Beleckij**, the head of the group Metrogiprotrans  
**I. S. Turenskiy**, chief project engineer Metrogiprotrans

**Строительство Челябинского метрополитена, опыт сооружения станций глубокого заложения в устойчивых породах, последовательность разработки пород и возведения обделки. Особенности гидроизоляции станционного комплекса.**

*The construction metro in Chelyabinsk. Experience building deep-level stations in stable rocks. The sequence of the development of species and construction of the station. Features of the waterproofing of the station complex.*

**С**троительство первого пускового участка первой линии Челябинского метрополитена было начато в 1992 г. по проекту ОАО «Ленметрогипротранс», но в связи со сложной экономической обстановкой в стране в конце прошлого столетия оно было приостановлено. В 2009 г. АО «Метрогипротранс» в связи с изменением нормативно-технической документации начало корректировку проектной документации, и в 2014 г. откорректированный проект линии получил положительное заключение Госэкспертизы, вскоре после этого продолжилось строительство метрополитена.

Из всей линии первого пускового участка в г. Челябинске уникальной станцией для опыта российских метростроителей является станция «Торговый центр». Станция расположена под руслом реки Миасс на глубине 40–48 м от поверхности земли. Мощность скального массива над сводом станции изменяется от 13 до 22 м. По типу конструктивного решения она представляет собой односводчатую станцию глубокого заложения с платформой островного типа.

Сооружение ведется преимущественно в кварцевых диоритах, диоритах прочных (крепость  $f$  по Протодяконову до 15) и средней прочности сильнотрещиноватых и среднетрещиноватых. Глинистый водоупор между сводом станции и водами реки Миасс отсутствует. Трещины скального массива преимущественно закальматированы вторичными минералами. Водоприитоки состав-



Рис. 1. Работа с технологических подмостей

ляют на большем участке проходки до 5 м<sup>3</sup>/ч в зонах дробления, а при вскрытии отдельных не закальматированных трещин достигают 50 м<sup>3</sup>/ч. Гидростатическое давление на основную обделку станции составляет от 3,6 до 4,2 атм.

Одной из особенностей станции являются ее размеры: 17 м в высоту и 21 м в ширину при

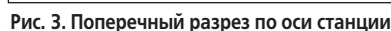
разработке породного массива («вчерне»). В связи со столь внушительными размерами возникла необходимость ввести строгую очередность при разработке сечения выработки.

На первом этапе разрабатывается калоттная прорезь с установкой пятиметровых железобетонных анкеров с шагом 1 м в сводовой части выработки. Выполняется нанесение вре-





Бетонирование основной обделки осуществляется в три этапа: бетонирование стен выработки на высоту 6 м, а после набора прочности стен не менее 75 % ведется бетонирование сводовой части с опиранием на ранее возведенные борта. При бетонировании захваток стен или свода для поддержки металлоизоляции используются выдвижные балки, располагающиеся вдоль оси стан-



15 февраля 2013 г. в Челябинской области упал метеорит. Ориентировочное место его падения находится на расстоянии 72 км от станции «Торговый центр». По словам работавшего в забое персонала, они слышали шум

По прошествии двух месяцев после инцидента с метеоритом наблюдения показали, что произошла единовременная осадка свода на 11 мм в зоне сильнотрещиноватых пород (причинную связь инцидентов еще предстоит изучить). В связи с осадкой свода было принято решение об усилении крепления калотты



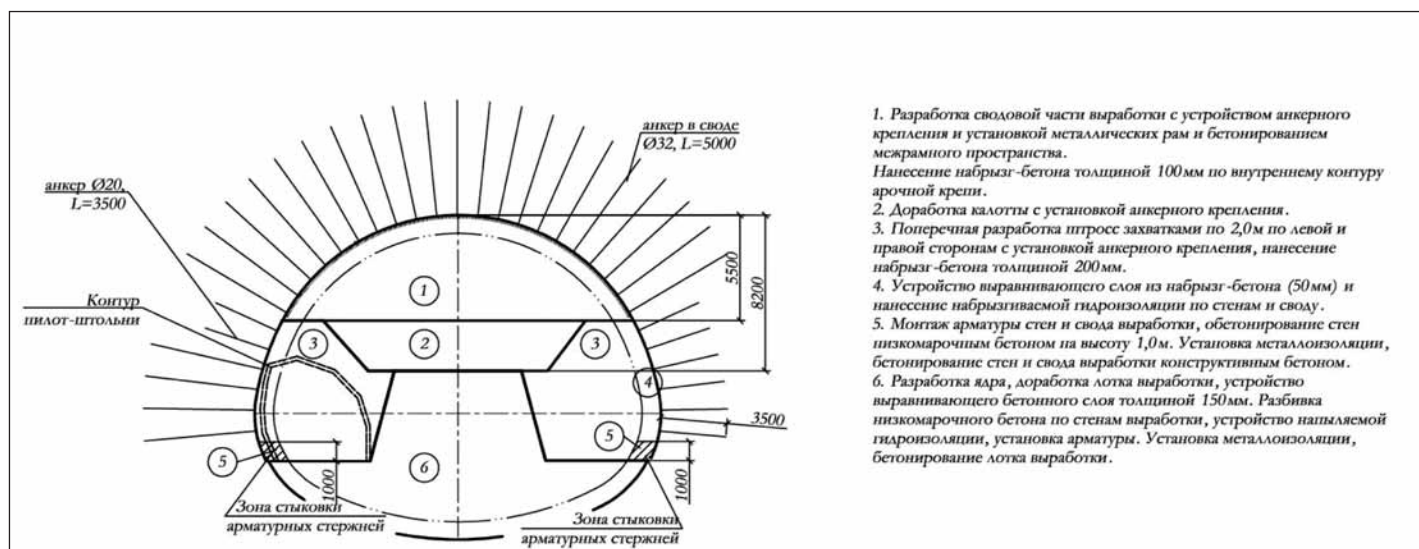


Рис. 4. Схема сооружения станции



Рис. 5. Проходка калотты



Рис. 7. Усиление временной выработки двутаврами и стойками после единовременной просадки свода

поясами из двутавра 45 и временными стойками Ф630 с шагом 4 м, установленными по оси выработки. По мере сооружения постоянной обделки эти стойки демонтировались.

К моменту написания статьи строительной организацией ОАО «Челябметрострой» под руководством В. А. Мочалкина была выполнена проходка и сооружение верхнего свода станции, а окончание сооружения односводчатого участка конструкции станции плани-

ровалась в 2017 г. Однако с очередным пересмотром областного бюджета в сторону уменьшения строительство станции временно приостановлено. Мы надеемся, учитывая социальную значимость метрополитена для города, что руководство области найдет возможность для продолжения строительства.

#### Ключевые слова

Строительство метрополитена, односвод-

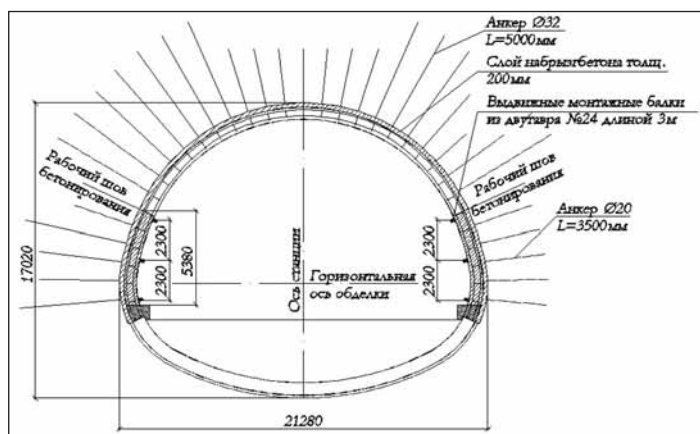


Рис. 6. Схема бетонирования стен с поддержкой металлоизоляции выдвижными балками



Рис. 8. Буровой станок и порододоставочная машина

чатая станция глубокого заложения, Челябинский метрополитен.

*Subway construction, deep-level station arched type, Chelyabinsk metro.*

#### Для связи с авторами

Белецкий Дмитрий Николаевич  
Beleckijd@metrogiprotrans.com  
Туренский Иван Сергеевич  
Turenskiyi@metrogiprotrans.com



г. Санкт-Петербург, ул. Малая Морская, 14  
Петро Палас Отель, Конференц-зал «Бордо»

**5-6**  
**ОКТАБРЯ**  
**2017**

реклама



# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФОРУМ ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ



Организатор



Организатор



Оператор мероприятия

# ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ВОЗВОДИМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

## EFFICIENT DESIGN BASED ON COMPOSITES FOR WATERPROOFING OF UNDERGROUND TRANSPORT CONSTRUCTIONS, BUILT OPEN-PIT

**В. Е. Меркин**, д. т. н., проф., ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»

**Т. Е. Кобидзе**, к. т. н., НИЦ ОПП АО «Мосинжпроект»

**Г. В. Потапов**, к. г.-м. н., ДСМ г. Москвы

**V. E. Merkin**, Dr. of technical sciences, Science-research centre Tunneling Association

**T. E. Kobidze**, Candidate of technical sciences, LLC «Mosinzhproekt»

**G. V. Potapov**, Candidate of technical sciences, Directorate for construction of the metro in Moscow

**В статье приводится описание гидроизоляционной системы со сплошным адгезионным сцеплением и ее модификаций. Предложенные модификации многослойной гидроизоляции экспериментально проверены для разных строительно-эксплуатационных условий Московского метрополитена.**

*The article describes the waterproofing system with continuous adhesion clutch and its modifications. Proposed modification of a multilayer waterproofing experimentally verified for different construction and operating conditions of the Moscow subway.*

**В** подземных сооружениях открытого способа работ имеются участки конструкций, недоступные для устройства регламентируемого нормами [1–3] типа гидроизоляции, при котором гидроизоляционный материал работает «на прижим». Прежде всего, это наружные поверхности плиты лотковой части сооружения, а при отсутствии «пазух» для обратной засыпки грунта – стены ограждения котлована, включая «стену в грунте» (при использовании ее как постоянной несущей конструкции) и прижимной стены.

Невозможность нанесения гидроизоляционного покрытия непосредственно на поверхность изолируемой конструкции существенно снижает ремонтпригодность гидроизоляционной системы, так как в случае повреждения гидроизоляции затруднены локализация места повреждения и устранение неконтролируемой миграции грунтовых вод по поверхности защищаемой конструкции.

Действующая нормативно-техническая база [1–7] и применяемые гидроизоляционные системы (см., например, [8–10]) не предлагают конструктивно-технологических решений для практической реализации базового правила о работе гидроизоляции «на прижим» в рассматриваемых условиях.

В статье приводится описание такой гидроизоляционной системы и ее модификаций, экспериментально проверенной для разных строительно-эксплуатационных условий [11].

Система основана на использовании двух видов гидроизоляционных материалов, применяемых в зависимости от типа изолируемой конструкции:

- известные гидроизоляционные напыляемые полимерные составы на основе этиленвинилацетата (Masterseal 345, Tamseal 800) и тиоколового каучука (Новатор ТФ-1). Эти составы характеризуются высокой (не менее 0,5 МПа) адгезией к основанию из ранее уложенного, «старого», бетона (набрызг-бетона), металла или геотекстильной ткани («первичная» адгезия), а также к уложенному на гидроизоляционное покрытие свежееотформованному бетону или набрызг-бетону («вторичная» адгезия);

- специально разработанная для рассматриваемых условий листовая мембрана с вторичной адгезией, получаемая в условиях строительной площадки путем напыления составов 1-й группы на подложку из нетканого геотекстильного материала с плотностью 500г/м<sup>2</sup>. Мембрана отвечает нормативным требованиям к гидроизоляционным материалам на полимерной основе (величина разрывной силы не менее 600 кН и относительное удлинение при разрыве 30–40 %, вторичная адгезия к бетону не менее 0,5 МПа).

С использованием указанных выше составов разработаны защищенные патентами РФ конструктивно-технологические решения для устройства надежных и ремонтпригодных гидроизоляционных систем.

**Подземные сооружения, возводимые в открытых котлованах с «пазухами» для обратной засыпки грунтом (рис. 1)**

В данном случае устройство гидроизоляционного покрытия подземных сооружений осуществляется по традиционной технологической схеме.

Однако применение полимерных составов с двухсторонней адгезией, в отличие от традиционных напыляемых и рулонных материалов, обеспечивает сплошное адгезионное сцепление бесшовного гидроизоляционного покрытия как с наружной поверхностью изолируемых несущих конструкций (доступных на стенах и плитах перекрытий и недоступных на лотковых плитах), так и с поверхностью бетонной подготовки под лотковые плиты и защитных слоев из мелкозернистого бетона, наносимых на гидроизоляцию стеновых конструкций и плит перекрытий. В результате образуются композитные конструкции типа «сэндвич» из двух работающих совместно бетонных конструкций, объединенных средним гидроизоляционным слоем [12]. Этим предотвращается миграция грунтовых вод между гидроизоляцией и бетонными элементами «сэндвич»-системы при возможных повреждениях защитных слоев, бетонной подготовки или самого гидроизоляционного покрытия и, как следствие, обеспечивается повышенная степень защищенности и надежности гидроизоляционного покрытия и изолированной



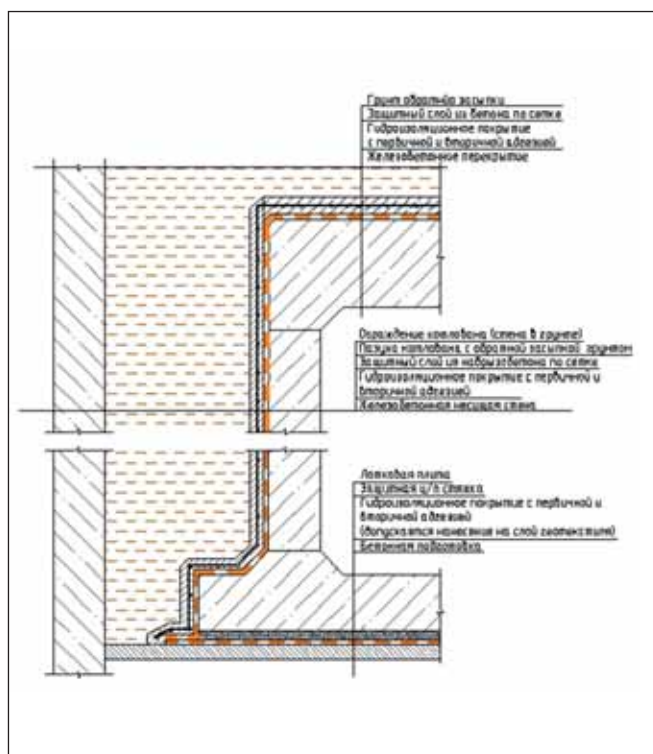


Рис. 1. Схема устройства гидроизоляционной системы при открытом способе работ с пазами для обратной засыпки грунтом [11]

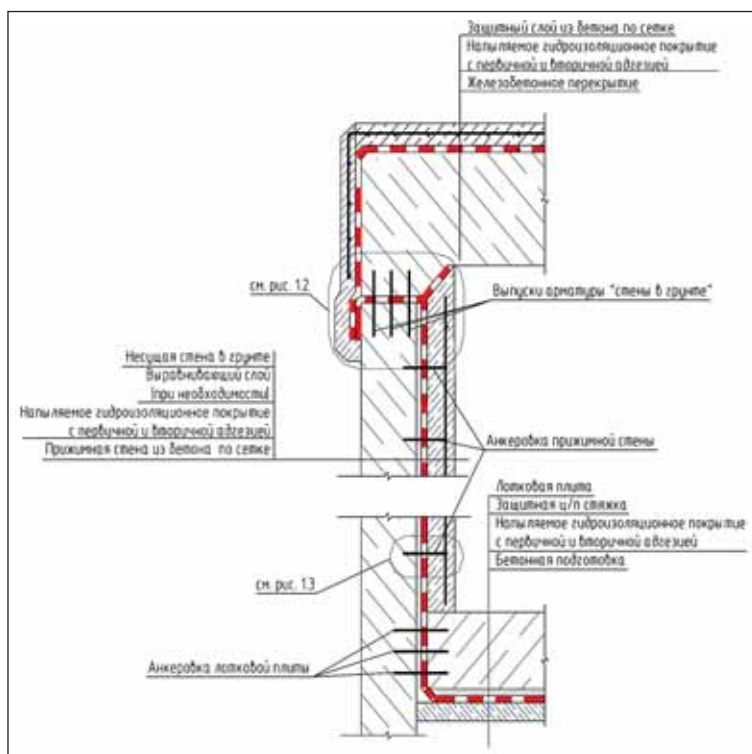


Рис. 2. Схема устройства гидроизоляционной системы при открытом способе работ с использованием «стены в грунте» в качестве несущей [11]

конструкции в целом. При этом в случае возможного повреждения гидроизоляционного покрытия (прокол, надраз, трещина и т. п.) просачивание грунтовых вод будет ограничено площадью (точкой) повреждения, и при наличии в данной зоне фильтрующего дефекта бетона (ослабленные, разуплотненные участки или трещины и т. п.) вода путем фильтрации проявится на внутренней поверхности изолируемой конструкции, в связи с чем место протечки становится очевидным и изолируется быстро и дешево.

### Подземные сооружения, возводимые с использованием конструкции «стена в грунте» в качестве несущей (рис. 2)

Гидроизоляция несущей «стены в грунте» осуществляется традиционно, путем нанесения изолирующего покрытия с внутренней стороны конструкции, которое защищается железобетонной прижимной стеной, рассчитанной на восприятие ожидаемого отрицательного гидростатического давления.

В данном случае «вторичная» адгезия гидроизоляционного материала, нанесенного напылением на поверхность «стены в грунте», обеспечивает сплошное адгезионное сцепление гидроизоляционного покрытия с недоступной наружной поверхностью прижимной стены. Тем самым обеспечивается образование монолитной трехслойной стеновой композитной конструкции типа «сэндвич» и работа гидроизоляции «на прижим», обеспечивающая ее эксплуатационную надежность и ремонтпригодность [12]. При этом появляется возможность уменьшения толщины прижимной стены за счет анкерной несущей стеновой конструкции и последующего напыления предлагаемых составов на бетонное основание и ан-

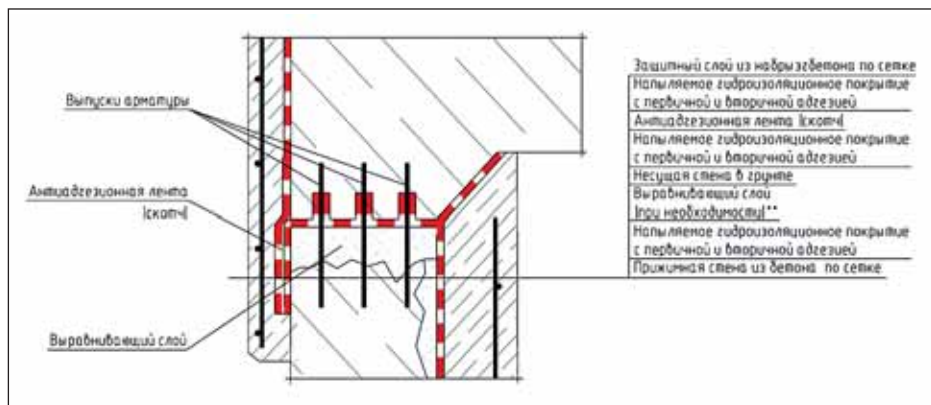


Рис. 2.1. Устройство гидроизоляционной системы при открытом способе работ с использованием «стены в грунте» в качестве несущей. Узел 2

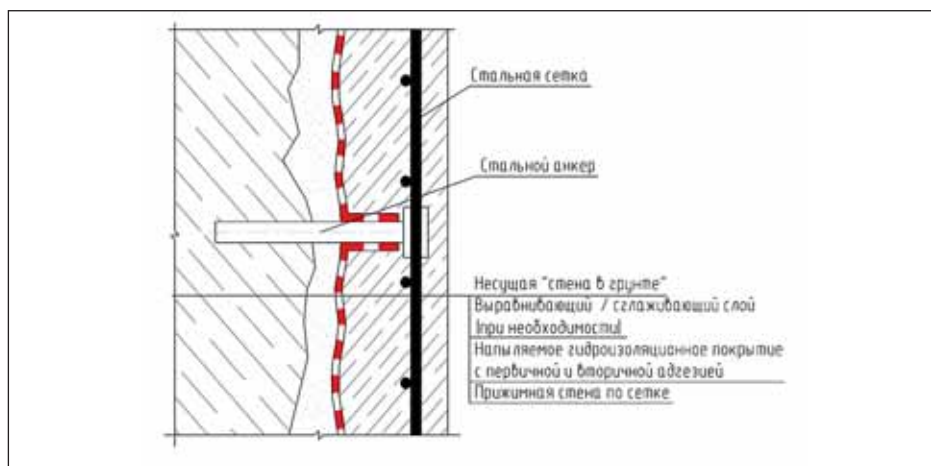


Рис. 2.2. Устройство гидроизоляционной системы при открытом способе работ с использованием «стены в грунте» в качестве несущей. Узел 3

кера. За счет высокой адгезии к бетону и металлу (более 0,5 МПа) гидроизоляционного материала, помимо повышения надежности

гидроизоляции, обеспечивается также совместная работа несущей и прижимной стены конструкции подземного сооружения в целом.

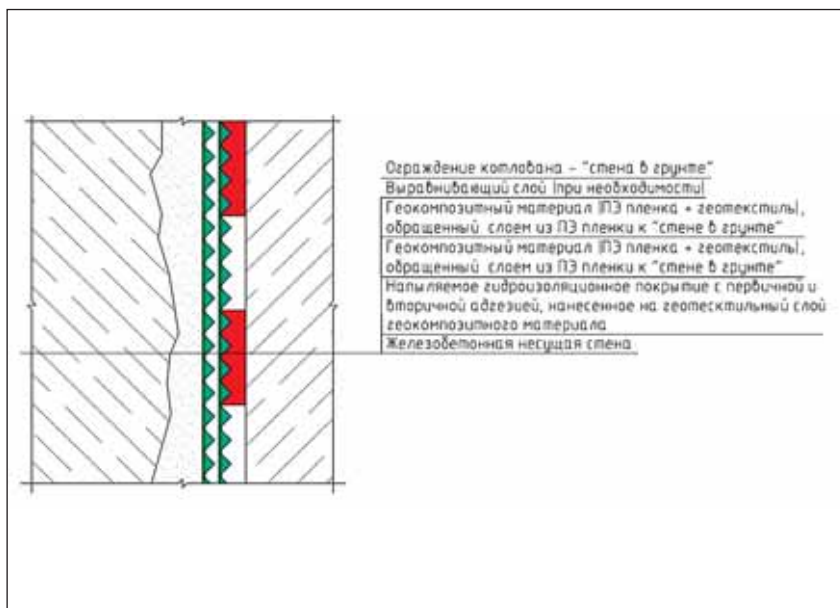
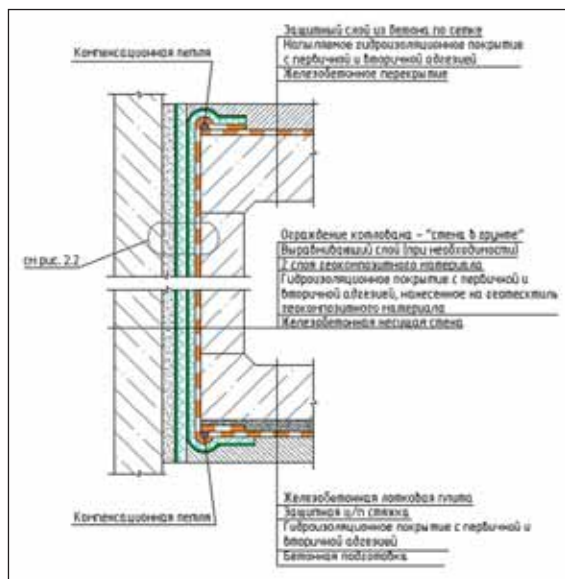


Рис. 3. Схема устройства гидроизоляционной системы при открытом способе работ без пауз для обратной засыпки грунтом [12]

Рис. 3.1. Устройство гидроизоляционной системы при открытом способе работ без пауз для обратной засыпки грунтом. Узел 1

### Подземные сооружения, возводимые открытым способом без пауз для обратной засыпки грунтом (рис. 3)

Отличительной чертой сооружений данного типа является возможность взаимного смещения ограждающей «стены в грунте» и возведенной вплотную к ней внутренней, несущей, железобетонной стены тоннельной обделки при осадке подземного сооружения при планировке поверхности и в эксплуатационный период. Это создает угрозу целостности гидроизоляционного покрытия, устроенного в данной плоскости скольжения для защиты несущей стены.

Решение проблемы достигается устройством между двумя стеновыми конструкциями слоистой гидроизоляционной системы на основе разработанной листовой мембраны [13].

Устройство гидроизоляционной системы производится путем напыления гидроизоляционного полимерного состава с двухсторонней адгезией на подкладочный ковер, подвешенный на предварительно выровненной поверхности «стены в грунте» и состоящий из двух независимых полотен геотекстиля, одно из которых, обращенное к «стене в грунте», точно закреплено на поверхности этой конструкции, а второе подвешено методом «свободной» укладки. Соприкасающаяся с первым полотном поверхность второго полотна подкладочного ковра выполнена из полиэтиленовой пленки. Наличие разделительной полиэтиленовой пленки между двумя полотнами из геотекстиля, закрепленных на противоположных стеновых конструкциях, придает им способность к взаимному скольжению при сдвиге примыкающих друг к другу стеновых конструкций.

Таким образом, после устройства гидроизоляционного покрытия и последующего возведения методом монолитного бетонирования несущей стены подземного со-

оружения, образуется композитная стеновая конструкция типа «сэндвич». На недоступной поверхности несущей стены сплошным адгезионным слоем нанесена работающая «на прижим» ремонтпригодная бесшовная гидроизоляционная листовая мембрана, способная к свободному скольжению по поверхности «стены в грунте», чем обеспечивается ее сохранность и защита от механических повреждений при возможной осадке подземного сооружения.

Надежность данной конструкции гидроизоляции, а также ее характеристики подтверждены результатами лабораторных испытаний, проведенных в МГСУ. Это, в свою очередь, позволило экспертной комиссии, представляющей АО «Мосинжпроект», Дирекцию строящегося метрополитена г. Москвы, ОАО «Моспромпроект», ОАО «Ленметрогипротранс», ОАО «Мосметрострой» и ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации», рекомендовать ее оптимальное применение при строительстве Московского метрополитена.

### Ключевые слова

Гидроизоляционный слой, нетканый геотекстильный материал, стеновая композитная конструкция.

*Water proofing layer, non wovengeo-material, wall compositions structure.*

### Список литературы

1. СП 120.13330-2012 Метрополитены.
2. СТО НОСТРОЙ 2.27.123-2013 Гидроизоляция транспортных тоннелей и метрополитенов, сооружаемых открытым способом.
3. Британские правила проектирования CIRIA Гайд Репорт 139:1995.
4. СП 122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные».
5. ВСН 104-93 Нормы по проектированию и устройству гидроизоляции тоннелей

метрополитенов, сооружаемых открытым способом.

6. СТО ТАР 93.060-001-2012 Водонепроницаемые обделки подземных сооружений из набрызг-бетона с напыляемой гидроизоляцией на полимерцементной основе серии MAS-TERSEAL. Правила проектирования и производства работ.

7. Зарубина Л. П. Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений. БХВ-Петербург, СПб, 2011 ISBN 978-5-9775-0682-3.

8. СТО 001-68033927-2014 Гидроизоляция подземных сооружений напыляемой системой Eliminator (Integritank). Правила проектирования и производства работ для Калининско-Солнцевской линии Московского метрополитена от ст. «Озерная площадь» до ст. «Рассказовка».

9. СТО 48969383-013-2014 Эмульсия битумно-латексная DORFLEX. Правила применения при гидроизоляции мостов, тоннелей и других искусственных сооружений.

10. Инструкция по монтажу гидроизоляционной мембраны из битумно-полимерных рулонных материалов. Корпорация ТехноНИКОЛЬ, 2013 г.

11. Кобидзе В. Е., Колобаев Д. А., Потатов Г. В. Гидроизоляционные системы для подземных сооружений транспортного назначения, возводимых по технологии «стена в грунте» // Метро и тоннели. – 2016. – № 1. – С. 19–21.

12. Подземное сооружение, патент РФ № 162638.

13. Подземное сооружение, патент РФ № 164721.

### Для связи с авторами

Меркин Валерий Евсеевич  
nizta@inbox.ru

Кобидзе Тенгиз Евгеньевич  
kobidzete@mosinzhproekt.ru

Потатов Глеб Владимирович  
potatov-gv@mosmetro



# ТРЕБУЕМАЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ ОБДЕЛКИ И КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТОННЕЛЯ

## REQUIRED WATER-RESISTANCE OF LINING AND STRUCTURAL ELEMENTS OF THE TUNNEL

**Ю. Н. Куликов, Е. Ю. Куликова**, кафедра строительства подземных сооружений и горных предприятий Горного института НИТУ МИСиС

**Yu. N. Kulikov**, Prof., Ph. D., Department «Construction of underground structures and mining enterprises» in National University of Science and Technology MIS&S

**E. Yu. Kulikova**, Prof., Dr. Sc., Department «Construction of underground structures and mining enterprises» in National University of Science and Technology MIS&S

**Водонепроницаемость блочной крепи является основным критерием при оценке возможных водопритоков в тоннели метро через несущие конструкции.**

**На водонепроницаемость блоков влияют водонепроницаемость чеканочных швов и других элементов конструкции. Чеканочные швы являются основными источниками развития дефектов в обделках. Поэтому для повышения уровня надежности гидроизоляции тоннелей водонепроницаемость швов должна быть не менее уровня водонепроницаемости обделки тоннеля.**

**Получены зависимости водонепроницаемости обделки от давления грунтовых вод.**

*Water resistance of blocklining is the basic criterion in the evaluation of possible water inflow in the underground tunnels using the load-bearing structures.*

*The water resistance of units affected water-resistant embossing seams and other design elements. Embossing seams are the main sources of development of defects in the lining. Therefore, to increase the level of reliability of waterproofing of tunnels the seams waterproofing should be not less than the level of water leakage in tunnel lining. The dependences of the waterproof lining from the pressure of groundwater are revealed.*

При оценке возможных водопритоков в тоннели метро через несущие конструкции основное требование предъявляется к водонепроницаемости блочной крепи, которая согласно СП 120.130.2012 и СНиП 32-03-2003 для железобетонных блоков в зависимости от условий применения должна быть такой, как указано в табл. 1. Водонепроницаемость отдельного блока не полностью характеризует это качество обделки тоннеля, так как на него также влияют водонепроницаемость чеканочных швов и других элементов конструкции.

Если исходить из требований к влажному режиму пребывания человека в подземном сооружении [1], то возникает необходимость оценки требуемой проницаемости реальной суммарной структуры обделки, которую можно определить исходя из формулы:

$$Q = \frac{2\pi LH}{\frac{1}{K_o} \ln \frac{r_{вч}}{r_{св}} + \frac{1}{K_z} \ln \frac{R}{r_{св}}}, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус влияния, м;

$K_o$ ,  $K_z$  – коэффициент фильтрации обделки и вмещающего тоннель грунтового массива, м/сут;

Таблица 1

| Требования СНиП к водонепроницаемости блоков |                                             |                                                            |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Степень агрессивности грунтовых вод          | Марки бетона по водонепроницаемости         |                                                            |
|                                              | В зоне обводнения, без гидроизоляции        | В зоне обводнения, с гидроизоляцией и в необводненной зоне |
| Неагрессивная                                | W8<br>$0,3 \cdot 10^{-5} \text{ м / сут}$   | W6<br>$0,4 \cdot 10^{-5} \text{ м / сут}$                  |
| Слабоагрессивная                             | W8<br>$0,3 \cdot 10^{-5} \text{ м / сут}$   | W6<br>$0,4 \cdot 10^{-5} \text{ м / сут}$                  |
| Среднеагрессивная                            | W10<br>$0,18 \cdot 10^{-5} \text{ м / сут}$ | W8<br>$0,3 \cdot 10^{-5} \text{ м / сут}$                  |
| Сильноагрессивная                            | W12<br>$0,07 \cdot 10^{-5} \text{ м / сут}$ | W8<br>$0,3 \cdot 10^{-8} \text{ м / сут}$                  |

Примечание. В числителе – марка по водонепроницаемости, в знаменателе – коэффициент фильтрации.

$r_{св}$  и  $r_{вч}$  – радиус выработки в свету и вчерне, соответственно, м;

$L$  – длина участка выработки, м;

$H$  – напор грунтовых вод.

Методика определения необходимой влажности в тоннелях метрополитена, приведенная в работе [1], позволила определить величину  $Q$ , которая в любых условиях не

должна превышать величины на  $0,023 \text{ м}^3/\text{сут}$  на 1 м стандартного тоннеля.

Анализ формулы (1) показывает, что на требуемую величину  $K_o$  обделки оказывают влияние давление грунтовых вод  $H$  и фильтрационные свойства грунта  $K_z$ .

При анализе влияния на  $K_o$  в указанных выше условиях величины  $K_z$  были отобра-

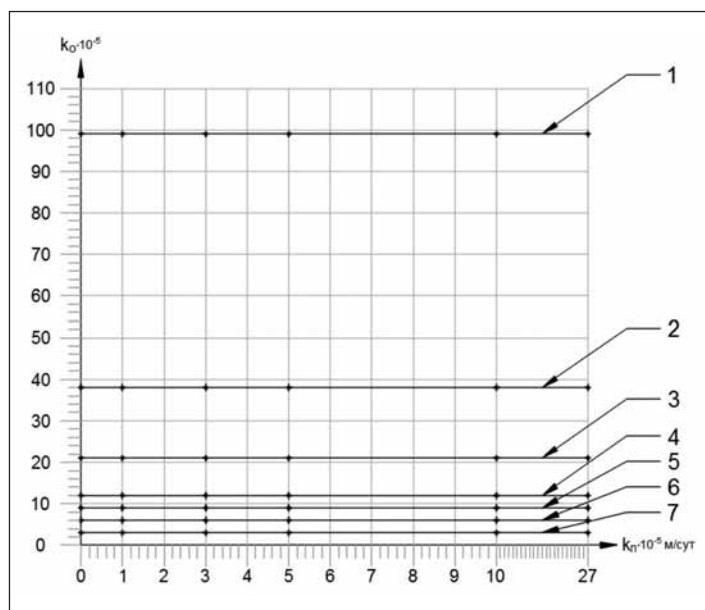


Рис. 1. Влияние  $K_2$  на коэффициент фильтрации обделки при  $Q = \text{const}$ : 1 – супеси флювиогляциальные; 2 – верхняя часть волжских отложений; 3 – меловые отложения; 4 – современные аллювиальные отложения; 5 – флювиогляциальные отложения; 6, 7 – крупнозернистые пески

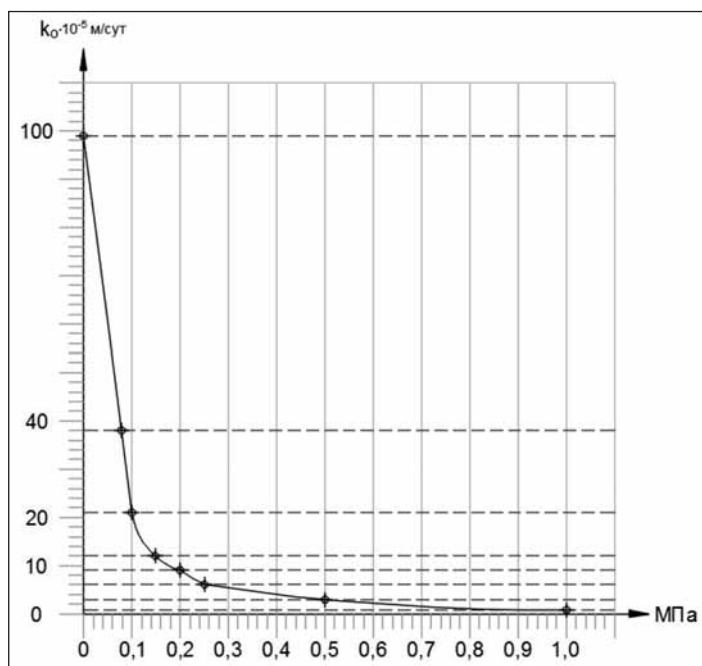


Рис. 2. Зависимость водонепроницаемости обделки  $K_0$  от давления грунтовых вод

Превышение водонепроницаемости  $K_0$ ,  
равной проницаемости блока над требуемым  $K_0$

| Давление<br>грунтовых вод,<br>МПа | Водонепроницаемость блока<br>$\frac{W}{K_0 \cdot 10^{-5} \text{ м/сут}}$           |     |     |      |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|------|
|                                   | W6                                                                                 | W8  | W10 | W12  |
|                                   | Превышение водонепроницаемости блока<br>над расчетным (требуемым) показателем, раз |     |     |      |
| 0,02                              | 250                                                                                | 325 | 540 | 1400 |
| 0,05                              | 100                                                                                | 130 | 220 | 560  |
| 0,10                              | 50                                                                                 | 70  | 120 | 300  |
| 0,15                              | 35                                                                                 | 45  | 73  | 190  |
| 0,20                              | 25                                                                                 | 30  | 55  | 140  |
| 0,25                              | 20                                                                                 | 26  | 45  | 110  |
| 0,50                              | 10                                                                                 | 13  | 33  | 55   |
| 1,00                              | 5                                                                                  | 7   | 11  | 30   |

ны данные о фильтрационных характеристиках вмещающих тоннель грунтов Московского метрополитена, которые изменяются от величины  $0,5 \cdot 10^{-8}$  м/сут (супеси флювиогляциальные) до  $27 \cdot 10^{-5}$  м/сут (крупнозернистые пески). В результате было установлено, что при требуемом уровне  $Q$  величина  $K_0$  обделки практически не зависит от  $K_2$  грунта (рис. 1), а основное влияние на этот показатель оказывает давление грунтовых вод (рис. 2).

Таким образом, требуемая величина коэффициента водонепроницаемости обделки  $K_0 \cdot 10^{-5}$  м/сут в разы отличается от этой вели-

чины, обеспечиваемой для блоков по СНиП (см. табл. 1). Это отличие характеризуется цифрами, приведенными в табл. 2.

При использовании блоков, отвечающих требованиям СНиП, и при условии, что проницаемость конструктивных элементов обделок (технологических швов и др.) равна марке бетона блоков по водонепроницаемости обеспечивается надежная гидроизоляция тоннелей. Однако материалы обследования тоннелей в период их сооружения свидетельствуют о наличии протечек и мокрых пятен в обделке, из которых только около 7 % приходится на болты,

Таблица 2

связывающие блоки. Учитывая жесткий контроль качества применяемых блоков перед самой их установкой, можно предположить, что протечки связаны с водонепроницаемостью чеканных швов между блоками.

Повышение уровня надежности гидроизоляции тоннелей, таким образом, возможна за счет повышения качества чеканки стыков блоков. При этом уровень водонепроницаемости швов должен быть не менее уровня водонепроницаемости обделки тоннеля  $K_0$ , определить минимальную величину которой можно по данным табл. 2. Увеличение водонепроницаемости технологических швов обделки может быть достигнуто также за счет улучшения качества закреплённого тампонажа [3].

### Ключевые слова

Водонепроницаемость, тоннель, обделка, блок, чеканочный шов, протечка.

*Waterproofing, tunnel lining, block, embossing seam, the leak.*

### Список литературы

1. Куликова Е. Ю. Фильтрационная надёжность конструкций городских подземных сооружений. – М.: Изд-во «Мир горной книги», 2007.
2. МЭИ Э СССР ВСН 045-72. Указание по проектированию дренажа подземных гидротехнических сооружений. – М., 1973.
3. СП 120.1330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.

### Для связи с авторами

Куликов Юрий Николаевич  
fragrante@mail.ru  
Куликова Елена Юрьевна  
fragrante@mail.ru



# ПАМЯТИ ЭЗАР ВЛАДИМИРОВИЧА САНДУКОВСКОГО

Н. Н. Соловьева, главный редактор газеты «Метростроевец»

**В прошлом году ушел из жизни ветеран Московского метростроя, кавалер орденов Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», Дружбы народов, ордена Почета, заслуженный строитель РСФСР, почетный транспортный строитель, почетный железнодорожник, кандидат технических наук Эзар Владимирович Сандуковский. Метрострой был его любовью, его жизнью. Он не представлял себя без стройки и без коллектива, которому отдал более пятидесяти лет.**



**К**иев – город, в котором он родился. А вся дальнейшая жизнь сына военного строителя проходила в постоянных разъездах. Достаточно назвать количество школ, которые он поменял. Их было одиннадцать.

Аттестат зрелости Эзар Сандуковский получал в Калинин в 1944 г. Отец сам отвез его документы в МИИТ, передав потом сыну справку о том, что тот зачислен на факультет «Мосты и тоннели». В главке, куда Эзар Владимирович пришел уже с дипломом, ему дали направление на 10-е строительство. Однако первая попытка стать метростроевцем оказалась неудачной. Молодые специалисты на шахту не требовались. И он отправился на строительство Южно-Сибирской дороги.

Это была первая проверка на прочность. Эзар Владимирович руководил строительством тоннеля на участке Сталинск (Новокузнецк) – Барнаул. В его подчинении – триста человек. В его ведении – пилюрама, лесосека, карьер, бетонный завод, автобаза и даже школа с пекарней. В ответе за всё и всех! И он справился.

В Москву Сандуковского отозвали через четыре года, со строительства железнодорожной магистрали Абакан – Тайшет. И вот тогда, в 1953 г., состоялась уже настоящая встреча с Метростроем. Сначала в коллективе СМУ-5 трудился Сандуковский – прораб, затем Сандуковский – начальник

участка, заместитель главного инженера и главный инженер. Этот период охватывает почти два десятилетия. При участии Эзара Владимировича построено тринадцать станций. А сколько еще было километров подземных дорог, сколько транспортных пересечений! Одной из наиболее памятных строек он называл продолжение Горьковской линии до станции «Речной вокзал». За три года коллектив СМУ-5 построил три станции с перегонами, что, несомненно, говорит о мощи коллектива и высочайшей квалификации кадров. Тогда, принимая линию в эксплуатацию, Государственная комиссия впервые отошла от привычной оценки «удовлетворительно» и написала в акте «Качество отличное».

А если вспомнить реконструкцию «Кировской» и «Дзержинской»... В сложнейших условиях строители сооружали средние залы станций, которые не были построены на первой очереди. Потребовались новые оригинальные технические решения, в разработке которых Сандуковский, в сотрудничестве с другими инженерами, принимал непосредственное участие.

С 1972 г. у Эзара Владимировича начинается новый этап в жизни, он получает предложение перейти на работу в Управление Метростроя, заместителем начальника. Его возражения по поводу «не мой профиль», а предстояло заниматься снабжением, промышленностью, транспортом, не убедили начальника Метростроя. «Надо!» – сказал Василий Дементьевич Полежаев и пообещал помогать. Но поработать вместе им не пришлось, Полежаева вскоре не стало. А Сандуковский... Параллельно со своими прямыми обязанностями, по собственному почину стал курировать строительство станций «Шаболовская» и «Горьковская» (теперь «Тверская»), которую неслучайно называют уникальной. В мировой практике не было такого, чтобы строительные работы велись без остановки движения метропоездов. Внутри чугунных тубинговых перегонных тоннелей грохотали голубые экспрессы. Пассажиры даже не подозревали, что рядом врубаются в грунт проходчики, сооружающие своды будущей станции.

«Горьковскую» должны были пускать в декабре 1979 г. Но был взят встречный

план: сдать ее в эксплуатацию к концу третьего квартала. Однако, как рассказывали очевидцы, в результате четкого оперативного руководства работами и контроля за их выполнением Эзар Владимирович, «Горьковскую» открыли для пассажиров в июле.

Потом он курировал «Марксистскую» и «Площадь Ильича». А когда в штатном расписании появилась еще одна должность заместителя начальника, Эзар Владимирович уже полностью переключился на строительство.

Семидесятые, восьмидесятые для инженера Сандуковского – годы больших творческих удач. Он успешно защитил диссертацию, стал кандидатом технических наук. Был одним из авторов внедрения нового способа сооружения шахтных стволов методом погружения крепи в тиксотропной рубашке, активно участвовал в разработке и внедрении новых конструкций станционных и перегонных тоннелей... На его счету 16 изобретений и 45 рацпредложений.

Трудными для Метростроя были девяностые. Тут и борьба за сохранение коллектива, за финансирование строительства метро. Поиски новых городских объектов и попытки выхода на международный рынок. Эзар Владимирович ездил тогда на переговоры в Израиль, Таиланд. Пытался сделать все возможное, чтобы Метрострой не сдал своих позиций.

– Эзар Владимирович – это человек, которому совершенно не свойственно было состояние покоя. У меня всегда складывалось впечатление, что он никогда не ложится спать. Мог позвонить и в пять утра, и в двенадцать ночи. Без конца какие-то мысли о работе, предложения. Сам был заводной до предела и никому вокруг себя не давал покоя, – вспоминает Елена Максимовна Сеславинская. – Годы, когда я работала вместе Эзаром Владимировичем, считаю очень плодотворными. Видеть, слышать, наблюдать, как он решает дела, как, с какой стороны подходит к проблеме, это же настоящая наука. Всегда и ко всему у Сандуковского был творческий подход.

При участии Эзара Владимировича было построено семьдесят станций метрополитена. Его вклад в строительство метро и процветание Метростроя неоценим!

Будем помнить!



# КАК ПОЯВИЛАСЬ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНАЯ СЛУЖБА НА МЕТРОСТРОЕ

В. З. Коган, Тоннельная ассоциация России

Дело было в первой половине шестидесятых годов.

Открытый котлован строящейся станции «Остаповское шоссе» (ныне «Волгоградский проспект») располагался значительной своей частью под действующими железнодорожными путями. Пути подвесили. Из этого котлована стартовали проходческие щиты с рассекающими перегородками – новинка, впервые внедренная для проходки в крупнозернистых песках естественной влажности на строительстве Ждановского радиуса Московского метрополитена. Два параллельных перегонных тоннеля были пройдены нашим СМУ-8 в сторону станции «Пролетарская» и два – в противоположном направлении.

При проходке тоннеля в сторону станции «Текстильщики» настал момент, когда мы должны были встретиться щитом с неким технологическим трубопроводом, проходившим поперек трассы тоннеля.

Это был специальный трубопровод для подачи газа водорода, каким-то образом связанный с расположенным по другую сторону Остаповского шоссе Московским жировым комбинатом.

Ни специалисты комбината, ни, более того, спецы из городского Отдела подземных сооружений не могли указать точно, где же в плане и профиле находился загадочный трубопровод.

Они разворачивали свои ветхие кальки, что-то долго обсуждали между собой и, как правило, заключали: «Вот примерно где-то здесь».

Мы отдавали себе отчет, что водород – горючий газ, и что возможное повреждение водородопровода при проходке тоннеля чревато непредсказуемыми последствиями.

Обычно в таких случаях пытаются отшурфить подземную коммуникацию хотя бы в двух точках, и тогда принять решение, что делать дальше. Или отрыть ее полностью и подвесить на балках, уложенных на дневной поверхности, или попытаться осторожно пройти сооружаемым тоннелем под этим кабелем или трубой, не вскрывая их по всей длине пересечения.

Такое решение в нашем случае не годилось, так как расположение водородопровода было весьма и весьма неопределенно, а предполагаемое место пересече-

ния его с трассой тоннеля находилось, если память не изменяет, в районе проходной Московского завода малолитражных автомобилей «Москвич».

Что делать? Щит стоять не должен: план есть план, да и зарплату людям платят по результатам проходки.

Составили мероприятия с целью максимально обеспечить безопасность работ.

Одним из центральных его пунктов было обязательное опережающее проходку исследование зоны перед проходческим щитом с помощью специальных щупов. Поскольку проходка велась в чистых крупнозернистых песках, предполагалось, что удастся нащупать трубопровод изнутри проходческого щита с помощью щупов из круглой арматурной стали.

Щит двигался довольно медленно, со скоростью несколько сантиметров в минуту, и, кроме того, мог быть остановлен в любое время.

Предлагаемая технология обнаружения трубы в зоне забоя напоминала кадры из кинофильмов о гражданской войне, где красные или белые протыкали штыками винтовок сено, пытаясь найти спрятавшихся на сеновале противников.

Столкновение стального щупа со стальной трубой могло бы вызвать опасную для водорода искру, поэтому щупы были снабжены латунными наконечниками.

Задумка эта была весьма примитивна, но, как нам казалось, имела право на существование.

...Был чудесный летний день, когда по всем предположениям щит подходил к зоне возможной встречи с трубопроводом. Настало время двигаться вперед только после исследования лежащего впереди машины породного массива.

Захватив в механических мастерских пару новеньких щупов, я спустился в котлован станции. Дальше дорога лежала в тоннель, ушедший от станции, помнится, достаточно далеко, не менее километра.

Ко мне подбежали электрики, занятые ремонтом электровоза.

– Зинович, сейчас в забое что-то как... Далее следовал один из чудесных русских глаголов. Перевожу для непрофессионалов: «...сейчас в забое что-то бабахнуло».

Гром не грянет – мужик не перекрестится  
(Пословица)

Кто-то из ребят пытался увязаться со мной, но я их оставил делать свою работу и быстрым шагом поторопился в забой.

...Не знаю, кто как, а я испытываю совершенно восхитительное чувство, когда иду в пустом перегонном тоннеле, пройденном со сборной железобетонной обделкой в сухих крупнозернистых песках. Светло, чисто, сухо, прекрасная вентиляция. Как это не похоже на тоннели глубокого заложения, пройденные с черной чугунной обделкой, с постоянной водой под ногами и неуловимым, даже при хорошей вентиляции, присутствием в рудничной атмосфере запаха паленой взрывчатки.

Навстречу спешил Слава Щедрицкий, по моему, и не только моему, убеждению, лучший у нас на СМУ-8 машинист щита.

Я попытался тормознуть его: «Здоров! Ну что, щит передвинули?»

– Передвинули, – не поднимая головы, пробурчал Слава, и, не останавливаясь, поспешил к порталу.

Я прибавил ходу.

Навстречу показался электровоз.

В нарушение всех правил безопасности на нем ехало несколько человек. В том числе начальник участка Костя Пахомов и заместитель главного инженера СМУ Владимир Бочаров.

Точно не помню, но, кажется, они даже не притормозили.

Я успел лишь заметить какие-то обширные повреждения на лице у Пахомова.

Вот и забой. Прохожу под блокоукладчиком и что же вижу?

На верхней площадке щита – главного инженера СМУ Казимира Станиславовича Янчевского.

Поднялся к нему.

По кучкам песка, лежащего на рассекающих перегородках щита, и самой площадке прихотливо бегали голубые огоньки горящего газа. Бригадир проходчиков Митрофан Бабичев пытался забросать их песком из пригоршни. Не удавалось – огоньки начинали плясать в другом месте.

Первое, что мне сообщили: пострадавших практически нет, люди отделались небольшими травмами.

Узнав, что люди в порядке, и глядя на главного инженера, я с трудом сдерживал совсем неуместный здесь смех. Воз-



можно теперь, когда я узнал, что все люди живы-здоровы, это была нервная реакция на случившееся.

Казимир, как мы звали за глаза Янчевского, был сильно близорук. Сейчас, потеряв каску и очки, он выглядел необычно для него беспомощным.

Но самое главное – его усы. Пшеничные усы пиками, которые он иногда укороткой подкручивал.

Один из усов был опален пламенем, которое спекло его конец в один как бы пластиковый шарик.

Воистину, от трагедии до комедии – один шаг!

Узнав о самом главном – о людях, я остался в заботе за старшего, – главного инженера увезли на гора, – и дал команду бригадиру закрестить выработку. То есть обозначить, что доступ в нее запрещен.

Делается это довольно просто: поперек выработки ставится крест из досок или другого подручного материала. Отсюда и термин: «закрестить выработку».

Пройти человеку, конечно, можно, но так как в шахту случайно люди не попадают, вся ответственность за возможные последствия ложится на нарушителя.

Люди были выведены из забоя. Тоннель полностью обесточили и отключили в нем освещение. У входа в тоннель было организовано круглосуточное дежурство для предотвращения доступа в закрещенную выработку.

Янчевского, Бочарова и Пахомова увезли в какую-то больницу. Чем это закончилось – чуть ниже.

Начался трезвон по всем телефонам и в результате были вызваны спасатели с Московского нефтеперерабатывающего завода в Капотне.

Они приехали на шахту в полной экипировке, с автономными системами жизнеобеспечения у каждого, но в тоннель идти категорически отказались – не наш, дескать, профиль.

Ситуация сложилась скандальная. Спасатели в тоннель отказались идти, выработка закрещена, т. е. закрыта для доступа в нее людей. Никто не хотел брать на себя ответственность: а вдруг...

В душевом комбинате стройплощадки Управление Метростроя провело большое совещание. В бывший барак набилось достаточно много народа.

Проводил совещание кто-то из большого руководства, за давностью лет, не помню кто: то ли сам начальник Метростроя Василий Дементьевич Полежаев, то ли, скорее всего, главный инженер Павел Семенович Сметанкин.

Долго гадали, что за газ горел. Это мог быть тот самый водород из того самого водородопровода, который мы пытались обнаружить, но...

Кто-то вбросил версию того, что это мог быть метан, по-другому называе-

мый болотным газом. Дескать, поскольку проходка велась на территории бывшего Сукина болота, то там может быть болотный газ.

– Болотный газ должен был собираться внизу тоннеля, в его лотке, – произнес хорошо поставленным баритоном Илья Максимович Якобсон, начальник производственно-технического отдела управления Метростроя.

Он, как и остальное руководство, сидел за столом. Обладавший небольшим ростом и таким замечательным голосом, Якобсон курил редкие папиросы «Герцеговина Флор» и умел поразить несведущих самыми невероятными заявлениями.

– Конечно, – не удержался я из задних рядов, хотя мне никто не давал слова, – именно поэтому в инструкции по пользованию бензиновой лампой прямо написано, что при определении наличия газа метана лампу следует медленно поднимать к кровле выработки, где собирается метан. Ведь он легче воздуха.

Присутствующие обернулись ко мне. – Говори дальше, – приказал кто-то из начальства.

– Я полагаю, что надо срочно связаться с горноспасателями, которые специально обучены для работы в подземных условиях. Ближайшие – в Тульском угольном бассейне. Они могут быть здесь уже через несколько часов.

Слова мои упали на благодатную почву. Дело завертелось, а буквально на следующий день мне сообщили, что я командируюсь в Тульский угольный бассейн для ознакомления с работой местной горноспасательной службы.

Ехать я должен был с начальником Отдела техники безопасности Управления Московского метростроя Михаилом Дмитриевичем Халявкиным и старшим инженером по технике безопасности СМУ-5 Метростроя Григорием Шкарлетом. Отчество его, к сожалению, забыл.

Шкарлет работал на Метрострое с первой очереди и показался мне очень приятным человеком.

В Туле мы пробыли пару дней. Посмотрели вживую организацию службы горноспасателей и побывали в какой-то шахте.

Посещение шахты произвело на моих спутников неизгладимое впечатление. Действительно, как говорят в Одессе, «две большие разницы»: объемные, хорошо освещенные тоннели строящегося метро, и темные, стесненные выработки угольной шахты. Пролезли по угольной лаве – спутники мои с непривычки совсем выдохлись. Я Шкарлета даже пожалел: он мне, тогдашнему, казался стариком.

Для себя я ничего особенно нового не узнал, так как, в отличие от боль-

шинства метростроевских инженеров, заканчивал не институт инженеров железнодорожного транспорта, а горный. Вдобавок к этому, мне довелось до прихода на Метрострой поработать на угольных шахтах Донбасса и Воркутинского угольного бассейна.

Приобретением стали многолетняя дружба с Мишей Халявкиным и полученный от него в этой командировке рецепт бутерброда «Прага»: черный хлеб с куском сала, посыпанным рубленым репчатым луком.

По результатам поездки мы написали подробный отчет с рекомендациями.

И очень скоро...

...Водородопровод тот мы, конечно, нашли. Он действительно оказался в сечении тоннеля или близко к нему проходческого щита. Как сейчас помню эту ржавую и, кажется, неизолированную трубу диаметром порядка 150–200 мм. И безобразный сварной стык, через который происходила утечка газа.

В это трудно поверить, но трубы перед сваркой не были состыкованы соосно, и через открытую щель водород много лет утекал в окружающие трубы крупнозернистые пески. Целостность трубопровода не могла быть нарушена нашей проходкой, так как раскрытые торцы труб заросли многолетней ржавчиной.

Как говорят медики, «вскрытие показало...».

Поскольку освещение на проходческом щите осуществлялось напряжением 12 вольт, переносные лампы, так называемые «переноски», зачастую подключались, как у нас говорили, «на соплях». Такие соединения сильно искрились, что, скорее всего, инициировало взрыв воздушно-водородной смеси.

К счастью, никаких серьезных повреждений у Янчевского, Бочарова и Пахомова медики не обнаружили и через день или два их из больницы отпустили. Правда, как говорят, с большой неохотой, так как кто-то из эскулапов писал диссертацию о профессиональных вредностях и напал здесь на действительно уникальный, как ему показалось, практический материал.

...Вскоре в системе Министерства путей сообщения СССР появился первый в стране военизированный горноспасательный отряд для обслуживания подземных работ в тоннелестроении. Пока только в Москве.

...Помнится, придя в далеком 1962 г. работать на Метрострой, я, горный инженер, был крайне удивлен отсутствием горноспасательной службы. К тому времени Метрострой работал уже 30 лет и выполнил колоссальный объем подземных работ.

Воистину говорят: «Гром не грянет – мужик не перекрестится».

# О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ РЕФОРМИРОВАНИЯ ВЫСШЕГО ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ (1958–2016 гг.)

Б. А. Картозия, д. т. н., профессор Горного института НИТУ «МИСиС»

**Публикуемый доклад был сделан на ежегодном Международном симпозиуме «Неделя горняка 2017». Автор изложил свое видение сегодняшнего состояния подготовки горных инженеров–строителей, сосредоточив внимание на наиболее актуальных вопросах: кого и для кого готовить в вузе; новая образовательная доктрина; варианты многоуровневой системы подготовки; инженер или бакалавр–инженер?; кто такой магистр?; национальные университеты как вузы нового типа; качество подготовки горных инженеров–строителей; статус профессоров.**

## Введение

Отечественная высшая школа переживает очередной этап непрекращающегося реформирования. «Развалили, разрушили, уничтожили лучшую в мире систему образования» и тому подобное, вот смысл большинства публикаций в СМИ. Хочется разобраться во всем, что принесло нашему высшему образованию почти шесть десятилетий этой реформы. Разобраться без эмоций.

Может быть, дело в том, что плоха не новая для нашего образовательного поля система, как пишут авторы подобных публикаций, а ее непродуманная до конца адаптация к нашим историческим, социальным и экономическим условиям?

Автор попытался проанализировать некоторые вопросы нынешнего этапа реформы, сосредоточившись на главном: кого готовить в горных вузах, для кого, как и какими силами?

## Этапы реформирования

### Первый опыт

На моей памяти высшее образование реформируется вот уже 60 лет. За этот период в стране сменилось девять министров: Елютин В. П. – 31 год (1954–1985); Ягодин Г. А. – 6 лет (1985–1991); Днепров Э. Д. – 2 года (1991–1992); Кинелёв В. Г. – 5 лет (1993–1998); Тихонов А. Н. – 1 год (1998); Филиппов В. М. – 6 лет (1998–2004); Фурсенко А. А. – 8 лет (2004–2012); Ливанов Д. В. – 4 года (2012–2016); Васильева О. Ю. (2016 – наст. время).

Министр В. П. Елютин, проработавший 31 год, по существу, явился одним из создателей той системы, которая впоследствии получила название «советская система высшего образования». Что касается его последователей, то средняя продолжительность их работы составила 4,5 года. Для серьезных реформ срок явно недостаточный, однако некоторые элементы новизны закрепились на долгий срок.

Период 60–80-х гг. характеризуется стабильностью образовательных процессов, без резких скачков и шатаний. Обучение в вузах было бесплатным, при зачислении преимущественное право предоставлялось лицам, имеющим стаж практической работы. Наиболее заметным шагом на пути дальнейшего совершенствования системы высшего образования в этот период стал Закон «Об укреплении связи школы с жизнью и о

дальнейшем развитии системы народного образования в СССР» (1958 г.). В нем предусматривалось, что при подготовке инженеров соединение обучения с производством должно быть организовано таким образом, чтобы производственный труд способствовал лучшему овладению студентами их будущей специальностью. В большинстве технических вузов на первых двух курсах предусматривалось сочетание обучения с работой на производстве по системе вечернего или заочного образования.

В начале 1970-х гг., в соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров, в вузах страны были учреждены подготовительные отделения, которые долгое время успешно выполняли возложенные на них задачи.

В целом, характеризуя данный этап развития высшей школы, следует отметить, что она удовлетворяла потребностям плановой отраслевой экономики страны в качественном и количественном отношении.

От министра Г. А. Ягодина высшей технической школе достались «непрерывные» виды подготовки (математическая, мировоззренческая), защиты дипломов на производстве и студенческая «вольница».

И если вынесение защит дипломных проектов на суд работодателей явилось весьма эффективной мерой, то его представление о свободном посещении занятий надолго вбило «осиновый кол» в вопросы учебной дисциплины. «Вам не нравится преподаватель? Неинтересно на его занятиях? Не ходите!» – заявил он на встрече с коллективом преподавателей и студентов Московского горного института 1 сентября 1985 г.

Период работы министра Э. Д. Днепров в памяти особо не отложился. Да и фамилию министра, а впоследствии советника Б. Н. Ельцина, мало кто помнит. Однако в действительности именно в 1991–1992 гг. с принятием Федерального Закона «Об образовании» была заложена вся идеология сегодняшних реформ. Данный закон ввел новые для нас понятия: бакалавриат, магистратура, многоуровневая система образования, государственный образовательный стандарт. Опорной мыслью Закона было коренное изменение содержания образования в целях «интеграции в глобальную цивилизацию будущего».

При министре В. Г. Кинелёве была внедрена многоуровневая система подготовки, предус-

матривающая две ветви: от бакалавра – к магистру и от бакалавра – к инженеру. В дальнейшем министр В. М. Филиппов окончательно трансформировал ее в Болонскую систему, где в качестве основной модели остались бакалавры и магистры. Немалую роль в продвижении этой системы в российское образование, как известно, сыграли программы совместной деятельности с Фондом Карнеги, Всемирным банком, Фондом Сороса и другими западными организациями.

Министр А. Н. Фурсенко продолжил развитие Болонской системы, связанной с необходимостью вхождения в международное образовательное пространство. В утвержденных образовательных стандартах нового поколения появились понятия «компетенции» и «специалист». Специалист – работник, выполнение обязанностей которого предусматривает наличие начального, среднего или высшего профессионального образования. Но в России понятие специалист ввели и как квалификационную категорию, записывая ее в диплом об образовании.

Понятие «специалист» имеет более широкое значение чем «инженер». Значение слова специалист конкретизируется в понятии инженер путем указания технической специальности: горный инженер, инженер–строитель, инженер–программист, инженер морского транспорта. Если вспомнить что в богатом русском языке «специалистом» еще именуют любого человека, даже без образования, мастерски выполняющего свою работу, то пуганица налицо.

Наконец, при министре Д. В. Ливанове для группы специально выделенных вузов была сформирована программа «5-100», основанная на международной рейтинговой оценке деятельности, определяющей порядок их преимущественного финансирования. Кроме того, было введено понятие «неэффективный вуз» и началась масштабная работа по оптимизации высших учебных заведений путем их укрупнения. В частности, Московский государственный горный университет был присоединен к НИТУ МИСиС в статусе Горного института.

Итак, новая образовательная доктрина состоит в необходимости через создание единого образовательного пространства дать российским гражданам равный с гражданами европейских государств статус и, таким



образом, открыть россиянам выход на европейский, а впоследствии, и на мировой рынок квалифицированного труда.

Звучит оптимистично. Однако давайте задумаемся в существо вопроса. Следует заметить, что и сегодня практически горные инженеры, выпускники нашего вуза, работающие за рубежом или в филиалах зарубежных фирм, расположенных на территории России, никаких затруднений в профессиональном плане не испытывают.

Московский государственный горный университет первым из вузов своего профиля перешел на новую систему подготовки. Система была проработана достаточно хорошо: базовое образование с получением диплома бакалавра, а затем продолжение обучения по двум траекториям: в течение года для получения диплома инженера или двух лет по программе магистра. Переход на обучение по программе «инженера» осуществлялся автоматически, а на «магистра» – через строгий конкурсный отбор (учеба без троек, участие в научной работе и т. п.). В 1996–1997 учебном году состоялся первый выпуск инженеров, подготовленных на базе бакалавриата, а через два года защитили свои диссертации первые магистры.

Накопленный опыт позволил сделать достаточно обоснованные выводы. Качество подготовки инженеров на базе бакалавриата повысилось, и это мнение не только тех, кто готовил специалистов, но и наших основных работодателей. Вместе с тем следует отметить, что дипломированные бакалавры в сфере отраслей производства, на которые был ориентирован МГГУ, оказались невостребованными.

Появление новой квалификации «магистр» сыграло заметную роль в улучшении формирования аспирантуры. Магистры по уровню фундаментальной подготовки превосходили остальной контингент, многие из них впоследствииполнили сильно «повзрослевшие» преподавательские коллективы вузов, научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций. А вот на производстве они никаких преимуществ не получили и практически оказались в роли «улучшенных» инженеров, каковыми и работают по сей день.

В тот период, к сожалению, сформировалось мнение, что магистр отличается от специалиста только объемом знаний. Такое положение понять можно, оно явилось следствием отсутствия в вузах методологии и опыта подготовки магистров, а также скудностью материальной научной базы. А с другой стороны, в трудовом законодательстве понятия «бакалавр» и «магистр» отсутствовали. Для них просто не было предусмотрено должностей, в том числе, и в сфере горного производства.

В целом же, первый опыт подготовки по многоуровневой системе позволил сделать однозначный вывод о ее принципиальной жизнеспособности.



Московский государственный горный университет

### Организованная «утечка» мозгов вместо стихийной?

У нас в высшем образовании, а точнее, около него, всегда было и остается много «кипучих новаторов». Это те, кто неустанно пытаются предначертать пути развития нашего образования через его реформирование. Известному польскому писателю-сатирику Станиславу Ежи Лецу принадлежит гениальная, на мой взгляд, фраза как нельзя лучше характеризующая это положение: «Всегда найдутся эскимосы, которые выроботают для жителей Конго указание, как вести себя в самой страшной жаре».

Спрашивается, зачем нужно готовить в вузах России дешевую высококвалифицированную силу для мирового рынка труда, да еще бесплатно? И это при сложившемся дефиците квалифицированных кадров в отечественной сфере материального производства! Согласитесь, мы сегодня имеем возможность убедиться в том, как этот «мировой рынок» относится к России.

Я думаю, что сегодня, не отказываясь в принципе от уже заключенных с Европой соглашений, нужно подходить к их реализации строго дифференцированно. Для тех, кто принял для себя твердое решение трудиться на поприще укрепления экономики и без того развитых стран, получение «равноправного» образования и соответствующих документов должно быть платным и реализовываться в рамках специальных структур, создаваемых при наших ведущих высших учебных заведениях.

Выполняя свою миссию – реализовать конституционное право граждан России на получение желаемого качественного образования, и решая основную задачу – обеспечивать квалифицированными кадрами различные сферы экономики, вузы могут для желающих вести на платной основе подготовку по любым иным стандартам (и без таковых) с выдачей соответствующих образовательных документов. Однако думаю, что

таких желающих наберется не так много. Во-первых, для них это будет недешево (и даже очень недешево), а, во-вторых, следует учитывать менталитет российских граждан, большинству из которых «охота к перемене мест» несвойственна.

Отечественный эксперимент по переводу образования на новую концепцию выявил ряд моментов, заставляющих серьезно задуматься: а так ли очевиден выбранный путь, гарантирующий «равный с гражданами зарубежных государств образовательный статус?»

В этой связи небезынтересно мнение кандидата исторических наук, доцента кафедры истории и политики стран Европы и Америки МГИМО О. Н. Четвериковой. Вот ее слова: «Сегодня мы видим, что в процессе образования можно тотально перестраивать сознание людей, молодежи и фактически заново формировать сознание детей дошкольного возраста. ...То, что заложится в два-три года, то потом и останется как матрица. То есть, первая задача (у наших активных западных партнеров по внедрению системы (Примечание мое) – это интеграция нас в глобально-образовательное пространство, которая должна работать на транснациональный бизнес, а не на Россию, а вторая – это перевод людей на совершенно другую систему ценностей», т. е. перестройка мировоззрения».

Что же представляет собой «другая система ценностей»? Проанализируем это на примере нового подхода к оценке деятельности научных работников. Придумали ее зарубежные ученые, занимающиеся фундаментальными научными исследованиями. Исследования в области физики, химии, биологии, генетики, математики, экономики для самой науки могут иметь мировое значение, однако немедленной практической пользы, как правило, не дают. Их еще надо адаптировать к конкретным областям человеческой деятельности. Но так устроен человек: всем хочется еще при жизни стать, уж если не «великими», то хотя бы «известными, видными

или выдающимися». И вот, в частности, Хорхе Хирш, американский физик, уроженец Аргентины, придумал такой показатель имени себя «ИХ», чтобы была возможность оценить значимость каждого среди себе подобных. Есть и другие показатели (индексы) «ИЦ, ИФ», которые основаны на учете количества трудов конкретного ученого, частоте ссылок на них и весомости литературных источников, в которых они опубликованы. У кого этот индекс больше, тот и круче.

В нашей, технической сфере, ученые занимаются прикладными исследованиями. Эти исследования на нобелевскую значимость не претендуют, но практическую пользу приносят и немалую. Поэтому вышеописанные методы оценки для них мало пригодны, так как отражают, в основном, личную значимость ученого, а не его государственную практическую полезность, которая для прикладных наук в России имела и имеет первостепенное значение. В нашей стране оценка деятельности ученых всегда давалась государством: звания, ордена, медали, государственные, правительственные и академические премии, всеобщий почет и уважение. Однако по высшему повелению зарубежные оценочные показатели включили в оценку технических учебных заведений как один из важнейших показателей, чем ввели нашу ученую элиту в состояние душевного дискомфорта.

Думается, что к использованию новых критериев оценки, не отвергая их, следует подходить с пониманием, но применять их там, где это уместно.

### **Кого готовить? Инженер или бакалавр-инженер?**

Если внимательно вчитаться в документы о сущности образовательной реформы, то в сфере освоения и сохранения недр земли прослеживается скрытое желание подме-

нить квалификацию «инженер» как бы соответствующей ей квалификацией «бакалавр» (как вариант, «бакалавр-инженер»).

Нам предлагают заменить инженера с пятилетним образованием (у горняков теперь пять с половиной) на бакалавра («бакалавр-инженера») с четырехлетним, сократив при этом круг его основных профессиональных обязанностей, при этом, предполагаемый бакалавр-инженер рассматривается как «массовый инженер, инженер-эксплуатационник, который поддерживает, эксплуатирует, модернизирует созданные объекты». По моему глубокому убеждению – это неполноценный инженер.

Напомним, что инженер (от лат. Ingenium – способность, изобретательность) – специалист с высшим техническим образованием, одной из главных задач которого всегда считалось принятие прогрессивных технических решений и разработка путей их практической реализации в конкретной области производства. Главным в концепции подготовки инженера всегда было развитие творческого начала, а у предлагаемого ему на замену бакалавра (или бакалавра-инженера) оно отсутствует даже в самом определении. Для горного дела это означает следующее: руководить подземными горными работами должен будет не горный инженер с пятилетним образованием как творческая личность, а бакалавр-инженер с четырехлетним образованием в качестве простого исполнителя или «линейного» руководителя. Заметим, что при этом возможности для его дальнейшего служебного роста будут определяться наличием диплома магистра. Так было прописано в приказе Министра здравоохранения и социального развития Т. А. Голиковой (приказ от 26 августа 2010 г. № 761н).

Поэтому выводы о целесообразности курса на всеобщий переход к четырехлетнему бакалавриату как первому высшему образо-

ванию всегда представлялись нам для горного образования поспешными. Аргументация активных сторонников этого пути известна: «Студент получит какие-то общие знания, а потом поработает, поймет, чего он хочет, и придет получать образование в магистратуре». Во-первых, мы это уже проходили в период реформы высшего образования 1958 г. Никаких особых улучшений в качестве подготовки не получили. А, во-вторых, может быть и не пойдет, не сможет пойти, так как в такой постановке магистратура считается вторым высшим образованием, а, следовательно, платным.

Горный инженер носит приставку «горный» не просто как определяющую его отраслевую принадлежность, а потому, что государственными органами надзора ему выдается исключительное право на ведение горных работ, сопряженных с высокой степенью риска для его жизни и жизни тех, кем он руководит, а это требует получения специальных дополнительных знаний и умений. Недаром в нашем обществе сформировалось устойчивое мнение, что профессия горняка является самой опасной из гражданских профессий. Учитывая все это, Правительство России сохранило в структуре высшего образования инженерную подготовку горняков (и ряда других специальностей) и увеличило ее срок до 5,5 лет.

### **Об особенностях подготовки магистров и инженеров**

Опыт показал, что обучение магистров требует весьма значительных финансовых и материальных вложений. Вообще, любая прогрессивная реформа образования, не сопровождаемая соответствующей финансовой поддержкой, заведомо обречена. А в таких наукоемких сферах образования как магистратура, аспирантура, докторантура – это сказывается особенно сильно. По существующему определению: магистр – это профессионал с глубокой фундаментальной и специальной системной подготовкой, который способен и призван разрабатывать новые принципы функционирования систем и изделий, предлагать и обосновывать новые физические процессы в основе проектируемых объектов, проводить тончайшее и глубокое математическое и физическое моделирование, организовать сложный эксперимент и уметь на основе современных математических методов обработки извлекать из него максимум информации и т. д.

Иными словами, магистр – это будущий ученый, миссия которого состоит в получении новых знаний. Однако эти знания могут так и остаться его индивидуальным достижением, если рядом с ним не будет инженера, способного адаптировать это научное достижение в общественно полезный продукт. Соединение в одном лице таланта большого ученого и инженера – случай редкий. Научить этому нельзя, но уж если кто-то таким даром обладает, то они известны всему человечеству. Мировую известность Ж. Эйфелю,

Санкт-Петербургский горный университет





Т. Эдисону, Н. Тесла, А. Беллу, В. Шухову, Ф. Порше, С. Королеву, А. Туполеву и другим принесло именно сочетание таланта ученого и инженера.

Для подготовки магистров, прежде всего, требуются высококвалифицированные научно-педагогические кадры. Скажу откровенно, сегодня не каждый доктор и профессор способен готовить полноценного магистра. Представляется, что, прежде всего, это должны быть опытные ученые, ведущие финансируемую научно-исследовательскую работу, располагающие современной дорогостоящей лабораторной и хорошо развитой информационной базой.

Но, главное, нужна совершенно иная методическая основа такой подготовки. В современных условиях представляется недостаточным дать выпускнику высшей школы отдельные знания, умения, навыки. Необходимо соединить их в некую единую систему, составляющую основу его мировоззрения. Это очень важно!

Главная цель подготовки современного инженера состоит в формировании у него основ инженерного мировоззрения, как системы обобщенных устойчивых взглядов на решаемые технические проблемы, а также обусловленные этими взглядами убеждения, нормы поведения и деятельности. Инженерное мировоззрение формируется на основе фундаментальных и прикладных технических знаний, а также практического опыта, в том числе, личного.

В свою очередь, основу профессиональной деятельности магистра составляет научное мировоззрение, то есть система взглядов на мир, основанная на представлениях об общих свойствах и закономерностях природы и общества.

К сожалению, в высшей горной школе эта особенность не учитывается, поэтому методология подготовки инженеров и магистров сегодня практически одна и та же.

Сегодня определенные успехи, безусловно, есть, но они могли быть значительно масштабнее, если бы не ряд объективных причин. Одной из них на данном этапе является вопрос международного обмена информацией (публикациями), особенно в сфере технических наук. Работы в области горных наук с высокой степенью значимости, за редким исключением, на иностранные языки не переводятся и, соответственно, за рубежом не публикуются. В Китае, например, чтобы иметь влияние на мировую науку начали финансировать или покупать научные журналы (издательства) с высокими рейтингами. Правительство целевым образом привлекло большое количество профессиональных переводчиков для популяризации достижений китайских ученых. Кстати, стандарт китайского обучения предусматривает обязательную стажировку за рубежом.

На сегодняшний день эта задача весьма успешно решается в ряде высших учебных заведений России, в том числе в НИТУ «МИСиС» под руководством ректора проф.

д. э. н. А. А. Черниковой, в рамках проекта «5–100», запущенного в соответствии с указом В. В. Путина от 7 мая 2012 г. «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки». Цель проекта – повысить престижность российского высшего образования и вывести не менее пяти университетов из числа участников проекта в сотню лучших вузов.

И, наконец, один из сложных вопросов – востребованность выпускников. Как уже было сказано, из-за неувязки предыдущего этапа реформы высшего образования с трудовым законодательством, непонимания работодателями сущности и назначения специалистов новых квалификаций, многие из них работают на обычных инженерных должностях, а бакалавры еще и с ограничением возможностей в продвижении по служебной лестнице.

В этой связи совершенно необходимо, наконец, внести в трудовое законодательство соответствующие коррективы, учитывающие появление новых квалификаций «бакалавр» и «магистр».

Одно очень важное, на мой взгляд, обстоятельство. Накопленный в МГУ (я думаю, и в других вузах) опыт по выпуску бакалавров, магистров и инженеров убеждает в том, что привычная советская (российская) структура технических вузов малоприспособлена для многоуровневой системы подготовки. И одна из причин – неэффективность одновременного совмещения на выпускающих кафедрах всех ее видов.

В этой связи, по заданию ректората в 2006 г., мною с коллегами была предложена новая вузовская структура университета.

В составе Московского государственного горного университета предусматривались три новые образовательные структуры: Институт высшего академического образования, Институт высшего профессионального образования, Институт целевого, дополнительного образования и повышения квалификации.

Особого энтузиазма со стороны руководства и заведующих кафедрами я не почувствовал. В частности, одним из наиболее «трудных» для понимания, явился вопрос: «В чем состоит главная цель разделения образования на академическое и профессиональное (инженерное). Почему кафедры не могут совмещать подготовку бакалавров, инженеров и магистров?»

Проектом предполагалось, что отдельные преподаватели кафедр вуза будут участвовать во всех видах названной подготовки, но общую методологию и методические принципы подготовки (а они для магистров и инженеров разные) будет определять не отдельные кафедры, а соответствующий Институт.

Почти двадцатилетний опыт одновременной подготовки бакалавров, магистров и инженеров показал, что достичь дифференциации в методологии и методике преподавания кафедрам не удалось.

Сегодня уже очевидно, что принципы, заложенные в данную структуру в 2006 г., во

многом совпадают с тем, что удалось успешно реализовать в НИТУ «МИСиС».

Укрупнение вузов, проводимое сейчас в России, я рассматриваю как важный этап в Государственном эксперименте по созданию российского вуза нового типа, по всем показателям отвечающего международным стандартам. Это стратегически важный этап на пути дальнейшего развития всей системы российского образования, по праву считающейся одной из лучших в мире, но, по-видимому, достигшей на сегодняшний день определенного предела своей эффективности. Во всяком случае, уже не способной в нынешних условиях без преобразований обеспечить качественный скачок в экономике и промышленности.

### Новые подходы

В этой связи, на мой взгляд, заслуживает внимания новая концепция реформирования системы высшего технического образования, основанная на принципе кластерной системы. Необходимо не просто укрупнять вузы, но продуманно создавать кластерные системы, в которых укрупненные отраслевые вузы будут не сами по себе, а составной частью единого технологического проекта, объединяющего все этапы научного знания и производства.

Напомним, кластер в системе образования – это совокупность взаимосвязанных учреждений профессионального образования, объединенных по отраслевому признаку и партнерскими отношениями с предприятиями отрасли.

Для Горного института внутривузовский кластер может представлять объединение нескольких кафедр, однородных по своей научно-образовательной и инженерно-профессиональной направленности (например, разработка полезных ископаемых, строительство, механизация, энергоснабжение и т. д.). Первые примеры подобного объединения в НИТУ МИСиС уже есть.

Кластер является самостоятельной над кафедральной структурной единицей Горного института и несет ответственность за качественную реализацию образовательных программ, находящихся в его компетенции.

Формирование учебно-научного состава кластера осуществляется с учетом государственного задания на подготовку специалистов горного профиля, многолетнего опыта и делового партнерства кафедр с организациями-заказчиками.

Кафедры Горного института, входящие в состав объединений соответствующего кластера, на первом этапе сохраняются и осуществляют свою учебную и методическую деятельность в рамках единого методического руководства.

Главная отличительная особенность предлагаемой структуры (в сравнении, например, с общепринятой в России факультетской) состоит в том, что организация и контроль учебно-методического процесса, подбор и подготовка кадрового преподава-

тельского резерва осуществляются исходя из общих интересов не отдельно взятой кафедры, а конкретного кластера. Это позволяет обеспечить наиболее рациональное использование учебно-научного персонала за счет сближения учебных планов и образовательных программ, укрупнения потоков, принципа взаимозаменяемости, исключения параллелизма и дублирования при чтении дисциплин.

Кластер возглавляет руководитель, назначаемый из числа наиболее опытных ученых-педагогов, имеющих опыт работы по организации учебного процесса. Кластерная структура Горного института является мерой временной, носящей экспериментальный характер, и вводится на некоторый переходный период, в течение которого входящие в объединения кластера кафедры смогут сбить учебные планы и программы, оптимизировать преподавательский состав и самостоятельно реформироваться в новые образовательные коллективы, то есть образовать обновленные структуры (реформа изнутри).

Предположительно в Горном институте возможно создать четыре кластера с шестью объединениями (предлагаемые автором названия носят условный характер):

- ♦ *Геотехнологический кластер – ГТ*
  - Объединение «Разработка месторождений» ПРГМ, ТПР, ТО;
  - Объединение «Подземное строительство, Маркшейдерия» – СПС и ГП, ГМД, Геология;
- ♦ *Горно-физический кластер – ГФ*
  - Объединение «Горная физика» – ФГП, ФТПК, ВД;
  - Объединение «Переработка и обогащение» – ОПИ;
- ♦ *Горный электромашиностроительный кластер – ГЭМ*
  - Объединение «Машины и оборудование» – ГМО, ГМТ, ЭЭП, ТМР;
- ♦ *Горно-экологический кластер – ГЭ*
  - Объединение «Окружающая среда и жизнеобеспечение» АОТ, ГЭ.

В кластерной системе ответственная роль принадлежит государственной производственной сфере деятельности, ее партнерству с высшими учебными заведениями.

Министерства угольной промышленности, черной и цветной металлургии, монтажных и специальных строительных работ, промышленности строительных материалов, строительные организации Москвы и Московской области являлись крупными инвесторами в материальную базу МГТУ. Большую роль играли министерства и ведомства в деле улучшения социальных условий работников МГТУ.

Нельзя не отметить непосредственное участие ведущих специалистов отраслей в преподавательской деятельности. Многие из них впоследствии, защитив кандидатские и докторские диссертации, пополняли профессорско-преподавательский состав вуза. Сейчас в технических вузах катастрофически уменьшается число преподавате-

лей с профессиональным производственным стажем. Замены нет, в лучшем случае, это совместители.

### О качестве образования

Основным аргументом менеджеров по управлению качеством, критикующих действующую образовательную систему, является тезис: современная российская высшая школа замкнулась в себе – сама учит, сама оценивает свои результаты, сама назначает себе рецензентов, членов Государственных аттестационных комиссий, официальных оппонентов по диссертациям (магистерским, кандидатским, докторским) и т. д.

Европейская система качества включает в себя, помимо всего прочего, международную экспертизу образовательных программ на европейском уровне.

В настоящее время в России работает внешняя для вузов система государственной аттестации и аккредитации образовательных программ, которая позволяет оценивать качество образования. Однако практически отсутствует внешняя экспертиза на международном уровне. Проблема здесь и в том, что процедуры создания систем качества и внешних (европейских) экспертиз требуют существенных затрат.

История развития советской и российской систем высшего технического образования в вопросах, связанных с повышением качества, позволила накопить позитивный опыт, выработать общепризнанные требования: обеспечение качественного приема, тщательный подбор преподавательских кадров, современное методическое и техническое обеспечение учебного процесса.

Однако есть главный потенциальный ресурс. Основными компонентами любой из мировых образовательных систем являются «студент и преподаватель». Довузовская подготовка студента, с одной стороны, и профессионализм преподавателя, с другой, важный фактор обеспечения требуемого качества, но еще не решающий. Великому мыслителю древнего Китая Конфуцию (551 год до н. э.) принадлежит изречение: «Учение без размышления бесполезно, но и размышление без учения опасно». Смысл этого утверждения таков: только активное участие учащегося в образовательном процессе, основанного на систематическом самостоятельном обучении по специальной методике, надежная гарантия качества будущего специалиста.

Я смог наглядно убедиться в этом при внедрении мультимедийного комплекса по дисциплине «Освоение подземного пространства». Ежегодно в течение восьми лет по пять-шесть студентов участвовали в этом эксперименте. Уровень овладения материалами дисциплины у них был стабильно выше, чем при традиционном обучении. К сожалению, самообразование («размышление», по Конфуцию) не занимает должного

места в российской системе высшего горного образования.

На перспективу наиболее рациональной моделью высшего образования для России должна остаться многоуровневая система обучения, включающая в себя две траектории: одна из них бакалавр-магистр, другая – инженер). При этом первая по своим организационно-структурным показателям будет соответствовать всем требованиям европейской системы, а вторая, традиционная для нас инженерная подготовка, пока останется без изменения.

Запущенный в России проект «5–100» (минимум пять вузов России должны войти в сотню лучших в мире) реально позволяет создать условия для формирования отечественного вуза нового типа на базе передовых достижений советского, российского и зарубежного опыта. Практическая реализация такого подхода в России позволит объективно выявить достоинства и недостатки двух образовательных систем, объединить их положительные качества и таким образом успешно решить задачу дальнейшего повышения качества выпускников.

### О программе «5–100»

При ее упоминании у многих наших преподавателей проявляется синдром оцепенения. Специально для своих коллег, не останавливаясь на глубоком ее анализе, оценке положительных качеств и недостатках, коротко охарактеризую ее три главные организационные особенности.

1. Новая номенклатура оценочных параметров деятельности вуза в целом, его подразделений и отдельных работников, которой, в свою очередь, требуется отличная от существовавшей ранее структура служб университета.

2. Скрупулезный подход к учету ежегодных достижений каждого члена коллектива и оценке текущей результативности. Былые заслуги признаются, уважаются, но в расчет не берутся. Особое внимание придается рейтингу и весомости (цитируемости) научных трудов.

3. Кадровая политика, основанная на максимальной оптимизации штатов в тесной их увязке с количеством обучаемых студентов, полном исключении параллелизма и дублирования в учебном процессе.

Можно сколько угодно критиковать эти нововведения, но согласитесь, если государственная политика направлена на планомерное вхождение части российских вузов в международное образовательное пространство, то условия и правила этого процесса приходится принимать, а не диктовать.

Но вместе с тем, нельзя повторять негативный опыт прошлого, когда магистры, по существу, были вынуждены работать линейными инженерами на производстве, а весьма средние инженеры трудиться в академических институтах на должностях, требующих глубокой научной подготовки.





Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

### Сферы деятельности подземных строителей и их связь с наукой

Вопросы подготовки специалистов для любого производства не могут рассматриваться в отрыве от науки, обеспечивающей это производство необходимыми знаниями. Например, для подземного строительства, согласно принятой РАН новой классификации горных наук, таковой является «Строительная геотехнология» – наука о прочности, устойчивости и долговечности подземных сооружений, закономерностях, методах и способах освоения подземного пространства.

Главная цель «Строительной геотехнологии» состоит в генерации новых знаний, которые, в свою очередь, должны быть положены в основу технических решений, обеспечивающих прогресс в материальной сфере производства. Однако результаты научно-исследовательской работы не всегда напрямую могут быть использованы для принятия таких решений. Адаптацией фундаментальных знаний для решения практических задач занимаются в научно-технической области, которая находится на стыке научно-исследовательской и производственной.

Основными задачами научно-технической области деятельности являются:

- адаптация фундаментальных знаний и получение новых прикладных знаний о закономерностях процессов и явлений в конкретных исследуемых системах;
- научное обоснование прогрессивных решений и разработка путей их практической реализации в конкретной области производства через новые способы, методы и технологии.

Не могу не затронуть проблему «Студент и наука». Мне представляется, что часто роль студента в вузовской науке преувеличивается, во всяком случае, для инженеров. Магистры – отдельный вопрос, для них на-

ука – это база, на которой должен строиться весь учебный процесс. Наука для будущего инженера (специалиста) должна носить, в основном, учебный характер. Ему достаточно изучить основы научных исследований, с некоторой конкретизацией к выбранной отрасли производства. Следует вернуть в учебные планы инженеров теоретический курс «Учебная научно-исследовательская работа», а с целью выработки у студентов практических навыков реструктуризировать весь существующий в учебных планах лабораторный практикум, придав ему характер не рутинных измерений, а научных исследований по установлению различных научных зависимостей и закономерностей.

Соотнося цели, задачи и возможности общеобразовательных профессиональных программ подготовки бакалавров, инженеров (специалистов) и магистров с видами деятельности, содержанием и номенклатурой обязанностей, можно достаточно определенно утверждать:

- квалификация магистр в наибольшей степени удовлетворяет требованиям научно-исследовательской, проектной и педагогической деятельности;
- квалификация специалист (инженер) является базовой для производственно-технологической, проектно-конструкторской и организационно-управленческой деятельности;
- квалификация бакалавр пригодна на различных должностях, не требующих права ответственного ведения работ и самостоятельного принятия сложных решений.

Появление у нас трех видов высшего образования – бакалавр, инженер, магистр требует серьезной дифференциации и оптимизации содержания образовательного процесса.

### О модели горного инженера широкого профиля

В последние два десятилетия не прерывается дискуссия о необходимости перехода к образовательной модели горного инженера широкого профиля. Предложения по этому поводу звучат самые различные, но суть их сводится к одному – ликвидировать отраслевые особенности базовой подготовки, сохранив только профилизации или, в крайнем случае, специализации. Странники такого подхода, в частности, говорят о «глобализации» в сфере производства.

Поскольку одной из составляющих грядущей перестройки будет очередное сокращение номенклатуры специальностей, поставленный вопрос представляется нам актуальным.

Устоявшегося понятия «широкий профиль инженера» вообще и горного инженера в частности не существует. Есть субъективные представления, основанные на различных подходах к целевой направленности и необходимости подготовки такого специалиста. Что же представляет собой инженер широкого профиля и нужен ли он вообще? Для того чтобы лучше разобраться в этом вопросе, сделаем небольшое литературное отступление.

В романе Ж. Верна «Таинственный остров» выведен своего рода эталон такого инженера. Конечно, это литературный персонаж и логично предположить, что автор наделил его способностями, необходимыми по ходу развития сюжета. Однако зная высочайшую эрудированность и информированность писателя, его скрупулезность во всех вопросах, составлявших предмет его творчества, думается, что реальный прототип у инженера все-таки был. Итак, вот его характеристика.

«Одним из выдающихся среди них был инженер по имени Сайрес Смит. Сайрес Смит, уроженец Массачусетса, был и перво-классным ученым. Правительство Соединенных Штатов поручило ему во время войны

управление железными дорогами. ...Сайрес Смит был одним из тех инженеров, которые в начале своей карьеры сами работали киркой или молотом. ...Человек мысли и действия, он работал без напряжения, полный жизненной силы и неослабной настойчивости, не отступающий ни перед чем».

Напомним, что действие происходит в 1865–1869 гг. Что же знал и умел этот человек? Прочитав роман, можно оценить широту и глубину его профессиональных знаний как инженера и ученого.

Он знал физику и, в частности, оптику. Соорудив из очков увеличительное стекло, добыл огонь. Обладал хорошими познаниями в географии и астрономии, сумел сначала теоретически воссоздать путь, проделанный на воздушном шаре, а затем, с помощью подручных средств смог не только определить время по солнцу, но и установить широту и долготу местонахождения необитаемого острова. Знал геологию, легко распознавал минералы, нашел серный колчедан, уголь, глину, известь. Знал гончарное дело, организовал изготовление кирпичей и глиняной посуды. Ничуть не хуже разбирался в растениеводстве. Благодаря ему, колонисты через два года ели собственный хлеб и курили табак.

Ему было знакомо горно-металлургическое дело. Выплавляя чистое железо, он превращал его в сталь. Результат – топоры, гвозди, лопаты, мотыги и др. Хорошее знание химии помогло ему получить нитроглицерин. Был знаком с практикой пивоварения, сахароварения, выделки кожи, изготовления свечей из тюленьего жира. Под его руководством были возведены различные деревянные строения, построен корабль. Вершиной его инженерной деятельности стал проводочный телеграф.

При этом он, безусловно, был человеком широко образованным и начитанным даже в сравнении с профессиональным журналистом Гедеоном Спилетом. Ну и, наконец, это был отменный руководитель.

Вот, казалось бы, пример пользы широкого образования. Но не следует, по-видимому, забывать одно важное обстоятельство. Все замечательные качества этого инженера широкого профиля проявились только в экстремальной ситуации. Думается, что в иных обстоятельствах многие из его знаний и умений оказались бы просто невостребованными. А в условиях многоотраслевой и специализированной экономики и подавно. Вместе с тем, обобщая сказанное, можно сделать ряд полезных выводов.

Инженер Смит, безусловно, одаренный человек, обладал хорошими способностями к обучению и, очевидно, хотел учиться. Образовательная программа его обучения включала в себя достаточно глубокое (на уровне развития науки того времени) изучение цикла дисциплин, именуемых у нас естественными науками. Несомненно, некоторые дисциплины Смит изучал, как говорится, по выбору, профилируя себя для будущей работы:

«Горнорудное дело», «Транспорт». Умение адаптировать фундаментальные знания для решения инженерных задач, с одной стороны, объясняется методическими особенностями их преподавания, в частности, хорошей увязкой с лабораторными и практическими занятиями. С другой стороны, имея в виду жизненный путь инженера (с киркой и молотом), это следствие его способностей к самообучению в процессе практической деятельности. Сочетание природного ума с приобретенными в процессе обучения знаниями и, что особенно важно, умением учиться – дало прекрасный результат.

Специфической особенностью горного инженера-строителя (специализация 140406 «Шахтное и подземное строительство») является сочетание компетенций применительно как к подземному, так и наземному строительству. В основе специальной подготовки подземного строителя должна лежать совокупность следующих знаний:

- о свойствах горных пород и механических процессах в породных массивах;
- о строительных материалах, конструкциях зданий и технологии строительных работ;
- о подземных сооружениях и их взаимодействии с породным массивом;
- о методах проектирования и способах ведения горностроительных работ;
- об экономике и управлении в подземном строительстве;
- о технологической и экологической безопасности;
- специальные знания, формирующие конкретный профиль по месту работы специалиста.

За последние десятилетия техника и технология горно-строительных работ, особенно в подземном строительстве, вышли на столь высокий научно-технический уровень, что позволяет говорить о начале эры высоких технологий. Не следует ограничивать это понятие сферой деятельности физики, электроники, биологии и других естественных наук. В прикладных сферах деятельности также есть возможности разработки подобных технологий, то есть технологий, основанных на использовании результатов фундаментальных научных исследований и обеспечивающих достижение таких технических, экономических и социальных показателей, которые по своему уровню либо значительно превосходят все аналогичные показатели в данной отрасли производства, либо вообще недостижимы при существующих технологиях.

Некоторые области инженерно-технической деятельности подземного строителя получили совершенно новые приоритеты, например, урбанизация подземного пространства, экологическая безопасность, бестраншейная прокладка коммуникаций, новые варианты специальных способов ведения работ (микротоннелирование), мониторинг и т. п. Заметим, что углубленное изучение чисто научных дисциплин горного профиля, к

чему призывают некоторые специалисты высшего образования, при подготовке инженера не должно являться самоцелью. Скорее, содержание специальных инженерных дисциплин должно базироваться на результатах фундаментальных исследований.

Завершающим циклом обучения подземного строителя является блок дисциплин, формирующий его профиль в соответствии с будущим местом работы (горнодобывающие предприятия, тоннели, подземные хранилища, подземные социальные объекты и т. д.) и определяющий род занятий (проектировщик, производственник-технолог, научно-технический работник. Поэтому формирование программ этой части обучения должна осуществлять выпускающая кафедра с учетом потребностей ее выпускников и работодателей. С позиций новой идеологии освоения ресурсов недр Земли горный инженер-строитель ориентирован на специфический георесурс, именуемый подземным пространством. Сочетая подготовку в области подземного и частично наземного (промышленного) строительства, он является специалистом достаточно широкого профиля, как среди горняков, так и узкопрофилированных строителей отдельных видов подземных сооружений.

Сформулируем наше понимание главной задачи в технологии подготовки специалистов с равным образовательным статусом. Она состоит в том, чтобы обеспечить их подготовку с учетом требований отечественного и международного рынка труда к уровню их профессионализма независимо от того, где они получают образование. Каким образом будет достигаться получение необходимых знаний и умений в вузах России, США, Китая, Германии, Англии, или Франции – не столь важно. Пусть каждая высшая школа максимально использует свой положительный опыт. Может быть, поэтому не стоит искать единого обобщенного и обязательного подхода.

Главное состоит в том, чтобы независимо от технологии, по которой ведется подготовка специалиста, у него были выработаны профессиональное умение и способность в конкретных жизненных (производственных) ситуациях принимать единственно правильное (или близкое к нему) решение: практически доступное, жизненно безопасное и экономически оправданное.

Суммируя вышесказанное, считая, что предложения о дальнейшем расширении профиля и изменении профессиональной образовательной программы, в частности, для горных инженеров-строителей не продиктованы актуальной необходимостью, не вызваны потребностями производства.

И, наконец, на мой взгляд, самая важная задача перестройки образования: необходимость пересмотра концепции и содержания подготовки подземных строителей, с учетом серьезных изменений в структуре экономики России, глобализации производства, понимаемой как интеграция, сбли-



жение взглядов и подходов, выработка общего понимания основных принципов решения проблем, выход за рамки складывавшихся десятилетиями отраслевых и ведомственных интересов. Этот процесс сопровождается переходом от достаточно узкоспециализированных организаций к многопрофильным. Период, когда интересы горностроительных организаций ограничивались только строительством горнодобывающих предприятий или метро, либо коллаторных тоннелей, оснований и фундаментов уходит в прошлое. Сейчас горностроительные организации значительно расширили свой профиль и в состоянии строить подземные объекты различного функционального назначения. И, наконец, один из важнейших факторов: появление у нас трех квалификаций выпускников вузов – бакалавр, инженер, магистр, требует серьезной дифференциации и оптимизации содержания образовательного процесса.

Такой подход может существенно повлиять не только на формирование учебных планов и программ, но и изменить принципы формирования кадрового состава коллаторов, ведущих подготовку специалистов.

### О статусе профессоров

Внимательно перечитывая многочисленные опусы лидеров перестройки образования, внимая речам государственных руководителей, тщетно пытаюсь услышать слова в адрес учителей будущих бакалавров и магистров с уравниненным образовательным статусом. А что же с ними?

Или нынешнее положение сохранится и в будущем? Вопрос этот не оставляет меня уже много лет. Особенно с тех пор как принял участие в семинаре «Сближение систем высшего образования Восточной и Западной Европы» и имел возможность ознакомиться с состоянием этого вопроса за рубежом.

В Германии профессор – наиболее уважаемое звание. Роман Генриха Манна «Профессор Унрат», более известный по его экранизации «Голубой ангел», наглядное тому подтверждение: при появлении профессора в общественном месте даже «падшие мира сего» снимают шляпу и преклоняют голову. Стать профессором в Германии очень непросто: помимо трудов, научной школы, докторской диссертации профессор должен сдать профессиональный экзамен. Но уж если он избран профессором, то назначается на эту должность министром образования пожизненно со всеми вытекающими последствиями.

И в отечественной литературе можно найти примеры общественного отношения к преподавателям.

В известной повести В. Катаева «Белеет парус одинокий» одесский учитель Петр Бачей в ответ на грубое обращение с ним стражников, преследующих матроса с «Потемкина», возмущается: «Да как вы смеете говорить со мной в таком тоне? Я преподаватель средних учебных заведений, коллеж-

ский советник Бачей!» Перепуганный военный отдал честь, извинился и поспешно ретировался». Интересно, как бы это все выглядело сегодня?

Хотелось бы высказать свое мнение о роли профессорских кадров в развитии науки и образования. Если наука – это отрасль человеческой деятельности, генерирующая и систематизирующая новые знания, то высшая школа – питомник «генераторов» этих знаний, то есть ученых. Профессор – ведущее звено системы «образование – наука». Его высшее предназначение – подготовить ученика, способного превзойти своего учителя в какой-либо области науки, то есть обеспечить непрерывность и поступательность процесса, именуемого «научным прогрессом». Отсюда следует государственная значимость деятельности профессоров.

Все это убеждает в том, что профессор – не просто звание и должность, это по существу одна из важнейших человеческих профессий. Напрашивается вопрос, а предусматривает ли государство, уравнивая образовательный статус выпускников российских вузов с международным, предпринять аналогичные действия в части уравнивания жизненного статуса их учителей и особенно профессоров. Или по-прежнему мы будем «рваться из сил и из всех сухожилий», внедряя всевозможные системы контроля качества образования за ту же зарплату? Разве не парадокс: качество выпускников должно быть международным, а зарплата их наставников, какая есть!

Могут возразить, что у многих профессоров доходы достаточно высокие. Но я говорю о государственной оплате преподавательской работы. Заработки от занятия наукой, экспертизой и прочее требуют, во-первых, больших дополнительных затрат умственной и физической энергии, что не способствует продлению жизненного цикла и, во-вторых, они все более и более нестабильны. А социальные условия жизни профессора после прекращения активной деятельности?

В целом же, кадровый вопрос остается одним из важнейших. Существенного прогресса в этом вопросе не наблюдается. И если в отдельных коллективах наблюдается снижение среднего возраста, то это, как правило, сопровождается снижением профессионального уровня. Абсолютное большинство высококвалифицированного профессорско-преподавательского состава в вузах – это выпускники советской системы образования. Надеяться на то, что они в короткие сроки сумеют адаптироваться к новым условиям, трудно. Реструктуризация должна предусматривать постепенную ротацию кадрового состава, особенно в технических университетах, обеспечивать приток молодых кадров. Но для истинных служителей высшего образования при любой, самой жесткой системе отбора, должна оставаться перспектива и возможность получить статус, обеспечивающий ему до-

стойную компенсацию за многолетний беззаветный труд. Думаю, что выводы по данному разделу очевидны.

В заключение позволю высказать одно соображение, которое сформировалось у меня за десятилетия работы в вузе, в том числе в качестве организатора учебного процесса.

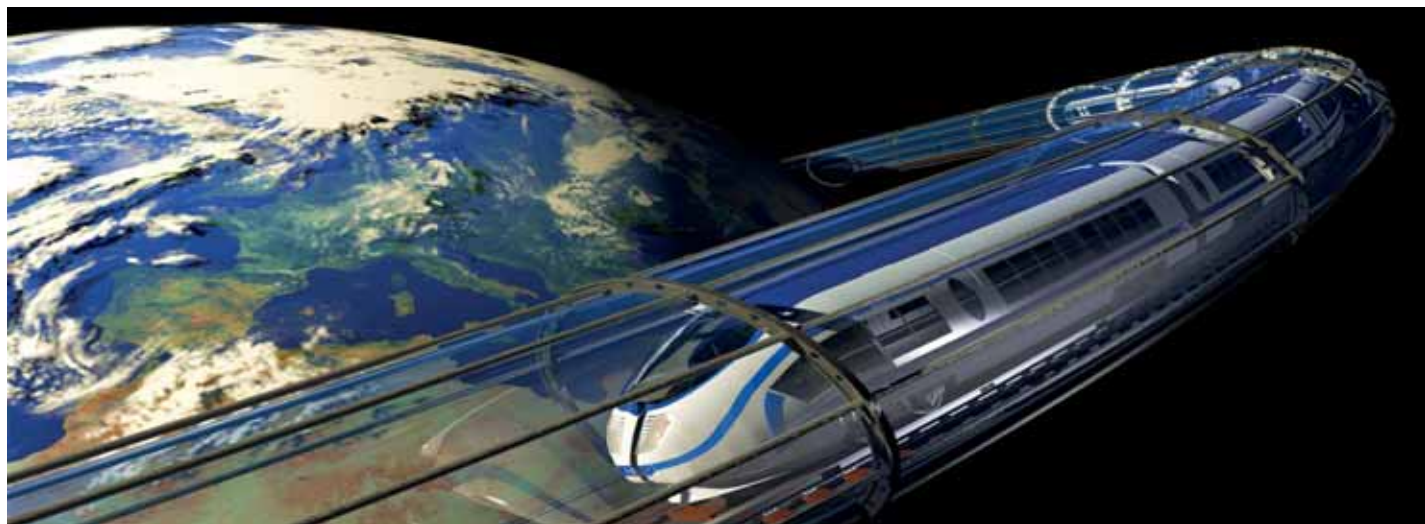
Реформирование, как «преобразование, изменение существующей системы с сохранением ее неизменной основы», есть непрерывный (и неизбежный) процесс, сопровождающий развитие системы высшего образования. К этому надо привыкнуть и всегда быть готовым к переменам. Извечный вопрос «Что делать?»

Работающим в системе вузов, ориентированным на процесс интеграции в международное образовательное пространство, быстрее переучиваться и перестраиваться в соответствии с международными требованиями. Руководителям российского образования обеспечить практическую возможность для овладения международными стандартами и их реализации.

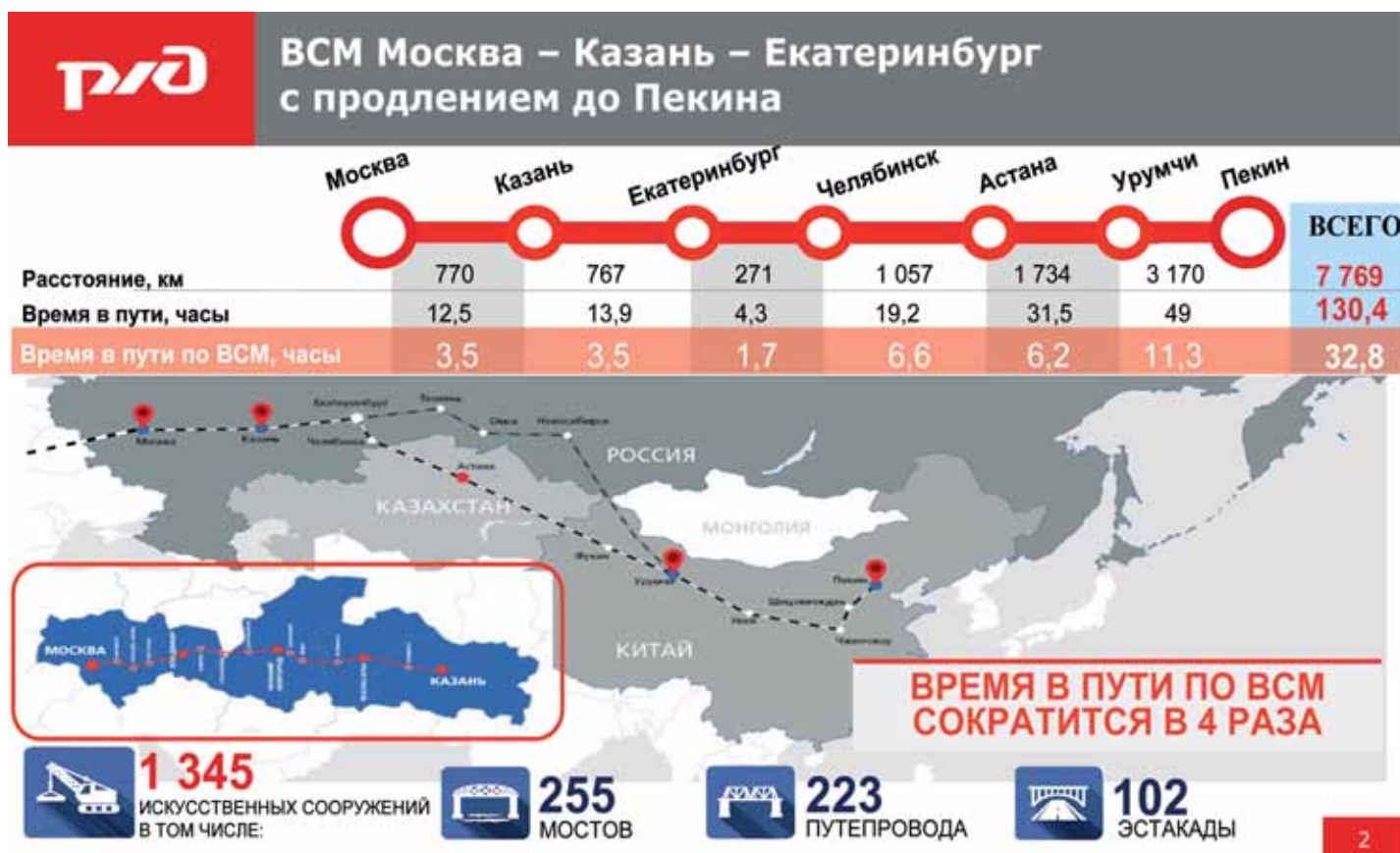
### Список литературы

1. Федоров И. Б., Коршунов С. В. О ходе разработки проектов государственных образовательных стандартов бакалавров и магистров по специальности в области инженерного образования. Доклад на Координационном совете УМО и НМС МГТУ 25.03.2004 г. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004.
2. Российское и общеевропейское образовательное пространство: организационно-экономические проблемы интеграции. Коллаторы авторов. Университетское управление: практика и анализ. Екатеринбург: Уральский государственный университет, 2004. – № 5–6.
3. Рыженков Д. И., Соколов Б. А. «Золотой век» Высшей школы и роль базовых вузов в этот период. – М.: Пальма пресс, 2006, 96 с.
4. Карабасов Ю. С. Наш Вячеслав Петрович Елютин. В книге Ученый, педагог, государственный деятель (В. П. Елютин). – М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. – 320 с.
5. Афанасьев Ю. Н. Болонский ариин: русский университет vs европейский. О российских перспективах в Болонском процессе Русский Журнал / Вне рубрик / Сумерки просвещения. [www.russ.ru/ist\\_sovr/sumerki/20030407\\_afan.htm](http://www.russ.ru/ist_sovr/sumerki/20030407_afan.htm) Дата публикации: 7 Апреля 2003 г.
6. Кинелев В. Г. Объективная необходимость. История, проблемы и перспективы реформирования высшего образования России: научное издание вступ. ст. И. Ф. Образцова. – М.: Республика, 1995. – 326 с.
7. Картозия Б. А. Основы освоения подземного пространства. – М.: МГТУ, 2009 г.
8. Грудцына Л. Ю., Лагуткин А. В. Реформирование высшего образования: кластерный подход. Административное и муниципальное право – 2014. – № 7 с. 723–732.
9. Картозия Б. А. Актуальные вопросы подготовки горных инженеров, Известия вузов. Горный журнал, 2005. – № 6 – с. 123–136.

# О РАЗВИТИИ РОССИЙСКОГО ПАССАЖИРСКОГО И ГРУЗОВОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОРИДОРА ШЕЛКОВОГО ПУТИ



Редакция считает целесообразным ознакомить читателей с презентацией доклада доктора технических наук, первого вице-президента ОАО «РЖД» – генерального директора ОАО «Скоростные магистрали» А. С. Мишарина на конференции в МИИТе 16 февраля 2017 г. «О развитии российского пассажирского и грузового железнодорожного коридора Шелкового пути»







## ВСМ «Москва – Казань» - первый этап организации высокоскоростного сообщения



### 1 ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Стимулирование мобилизации трудовых ресурсов, создание предпосылок для стабилизации демографических тенденций, увеличение мобильности населения и создание новых рабочих мест

Проект планируется реализовывать с использованием механизма государственно-частного партнерства в форме частной концессионной инициативы.

|                                                                              |                    |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Общий объем инвестиций (в ценах соответствующих лет)                         | 1 288,9 млрд. руб. |
| Срок концессии                                                               | 40 лет             |
| Период строительства                                                         | 2017 – 2022 гг.    |
| <b>Показатели эффективности проекта (в ценах соответствующих лет)</b>        |                    |
| Субсидия на возвр./обсл. долг. обяз. (2022-2037 гг.)                         | 789,4 млрд. руб.   |
| Чистая приведенная стоимость                                                 | 226,5 млрд. руб.   |
| Дисконтированный срок окупаемости                                            | 32,5 лет           |
| <b>Бюджетная эффективность (первые 12 лет эксплуатации, в ценах 2016 г.)</b> |                    |
| Суммарный прирост ВРП                                                        | 7,1 трлн. руб.     |
| Прирост доходов консолидированного бюджета                                   | 2,3 трлн. руб.     |

### 2 СТРУКТУРА ФИНАНСИРОВАНИЯ

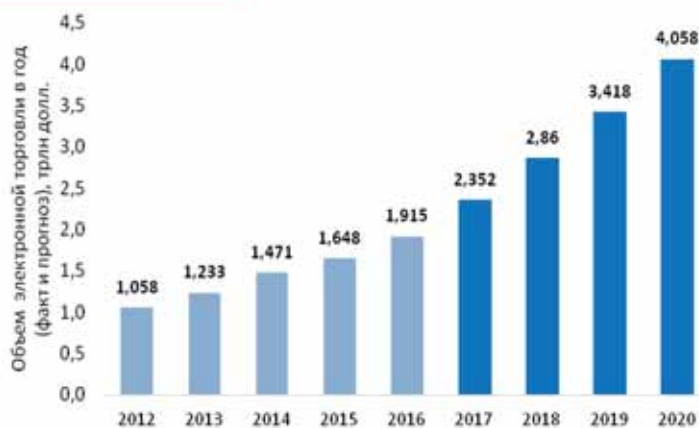
| Источник                     | Сумма          |
|------------------------------|----------------|
| Акционерный капитал          | 254,0          |
| Кредиты Банка Развития Китая | 400,0          |
| Средства НПФ                 | 90,0           |
| Инфраструктурные облигации   | 140,0          |
| Кредиты банков развития      | 100,0          |
| Коммерческие кредиты         | 304,9          |
| <b>Итого</b>                 | <b>1 288,9</b> |

### 3 ТЕКУЩИЙ СТАТУС

- Реализация проекта проводится в соответствии с Сетевым планом-графиком мероприятий, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 января 2016 г. №5-р
- В настоящее время осуществляется проектирование, решаются вопросы, связанные с производством подвижного состава, проводится работа по привлечению финансирования



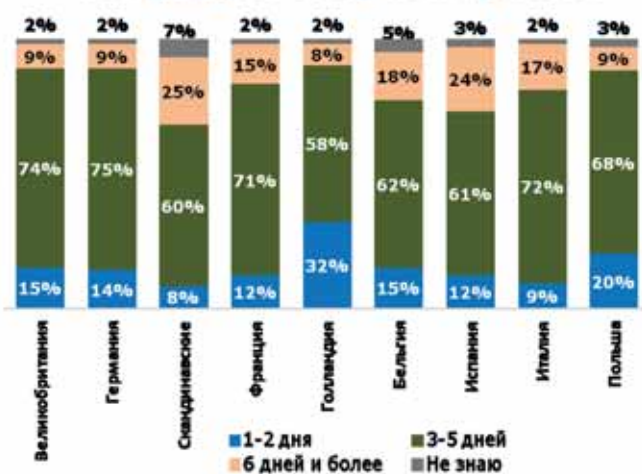
## Потенциал электронной торговли, ожидаемое время доставки грузов



Одним из ключевых драйверов роста спроса на высокоскоростную перевозку грузов является электронная торговля, растущая двузначными темпами ежегодно

Источник: PostNord

Около 70% потребителей ЕС готовы ожидать доставку не более 3-5 дней, что диктует необходимость существенного ускорения транзита по коридорам Север-Юг и Транссиб





## Рост спроса на скоростные железнодорожные перевозки за счет переключения с морского и авиационного транспорта

Прогноз с использованием мировой контейнерной модели: к 2030 г. с учетом изменения структуры экспорта Китая и роста нетранспортных издержек доля маршрутов, проходящих через Россию, может превысить:

• **15%** от грузопотока между Китаем и др. странами Азии и ЕС в тоннах

• **39%** - в стоимости груза

Средний срок доставки грузов из КНР в ЕС по ВСМ - **3 суток**



Источник: расчеты ЦЭИ с использованием данных TNO, TU Delft



## Прогноз спроса на грузовые перевозки по ВСМ

- объем торговли Китай – ЕС - **115 млн. тонн** в 2015 г.
- доля железнодорожных маршрутов через территорию Российской Федерации в 2030 г. – **15,9%**, в 2050 г. – **23%**
- доля грузов, пригодных для контейнерных перевозок на ВСМ – не менее **47%**

**В настоящее время экспорт контейнеропригодных грузов в ЕС из Китая составляет 74% от общего объема торговли, экспорт в Китай из ЕС - 26%. Наблюдается тенденция к сокращению различий в потоке**

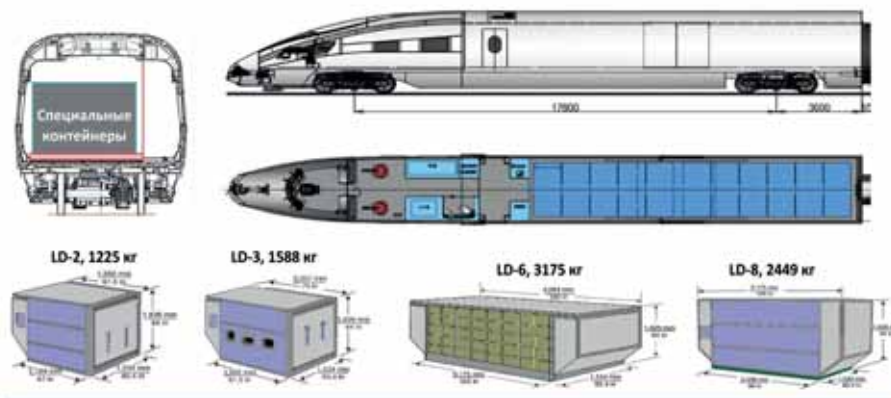
| параметр \ год                                                     | 2025         | 2030         | 2040          | 2050          |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Общий объем торговли Китай - ЕС, тыс. тонн                         | 119 448      | 118 258      | 114 757       | 112 483       |
| <b>Поток контейнеризированных грузов по ВСМ, тыс. тонн</b>         | <b>7 079</b> | <b>8 523</b> | <b>10 953</b> | <b>12 043</b> |
| Доля товаров электронной (розничной) торговли в грузопотоке по ВСМ | 10%          | 16%          | 22%           | 27%           |

Источник: расчеты ЦЭИ





## Грузовой высокоскоростной подвижной состав



- ✓ Размещение грузов в специальных контейнерах на грузовых хабах
- ✓ Удобная и оперативная загрузка и выгрузка
- ✓ Высокоскоростной поезд :
  - 16 вагонов
  - скорость до 300 км/ч
  - полезная нагрузка до 600 тонн



## Перспективы пространственной трансформации агломераций



# О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ГЕОМЕХАНИКИ

## THE NEED TO IMPROVE THE PHYSICAL BASICS OF GEOMECHANICS

В. П. Абрамчук, А. Ю. Педчик, В. В. Костенко, Ф. Г. Меденков, ФГУП «УС-30»  
А. К. Пак, ГОИ КНЦ РАН

V. P. Abramchuk, A. Yu., Pedchik, V. V. Kostenko, F. G. Medenkov, FGUP US No.30  
A. K. Pak, GOI KNZ RAN

**В статье представлены факты бесперспективности дальнейшего использования положений механики сплошной среды в механике горных пород.**

**Подчеркнуто, что физика проявления горными породами своих свойств имеет принципиально иную сложность, не позволяющую решать практические вопросы геомеханики.**

**Изложены представления о самоорганизованном поведении геологической среды, основанные на теории природных систем, с важнейшей физической характеристикой – объемным весом горных пород.**

*The article presents the facts of the futility of further use of solid medium mechanics in rock mechanics.*

*It is pointed out that the physics of the manifestation of rocks properties has a fundamentally different complexity that does not allow solving practical questions of geomechanics.*

*Ideas about the self-organized behavior of the geological massif, based on the theory of natural systems with volumetric weight of rocks as the most important physical characteristic, are expounded.*

**В** принципиальном отношении необходимость совершенствования чего-либо является логическим следствием состояния его текущего развития, обусловленного неуклонным естественно-природным ростом внутренних противоречий. То есть является само собой разумеющимся. Однако в данном случае речь идет о необходимости существенного пересмотра фундаментальных физических основ геомеханики, как изначально ошибочных или недостаточно адекватных, к чему ФГУП «Управление строительства № 30», исходя из собственного опыта подземного строительства, призывает на протяжении всей своей профессиональной деятельности, в том числе и на страницах журнала «Метро и тоннели».

Одной из последних публикаций по данному вопросу были тезисы доклада [1], сделанного на X Международной школе-семинаре «Физические основы прогнозирования разрушения горных пород», которая проходила в г. Апатиты 13–17 июня 2016 г. одновременно с VI Российско-китайским научно-техническим форумом «Проблемы нелинейной геомеханики на больших глубинах».

В тезисном изложении суть доклада заключалась в том, что горные породы, проявляя применительно к вопросам геомеханики качества твердого тела, тем не менее, не обладают постоянством своих свойств ни в квазистатическом приближении, ни во времени. В последнем варианте вплоть до режима *non stop* в отдельных случаях, т. е. не являются твердым телом в обще-

принятом смысле. Не учет данного обстоятельства явился причиной множества ныне действующих заблуждений, возведенных в ранг научного знания без учета требований научного метода исследований. Эта тема заслуживает отдельного внимания. В данном случае, отметим только со ссылкой на мнение известного физика Макса Борна, любая научная дисциплина, какой бы развитой она ни была, нуждается в регулярной ревизии своих знаний. В геомеханике необходимость такой ревизии давно уже перезрела.

Причиной своеобразного поведения горных пород является их собственный внутренний упругий энергетический потенциал [2, 3], подменяемый в вопросах современной геомеханики внешними силовыми полями. Это лишь частично может быть признано правомерным, позволяя правдоподобно интерпретировать отдельные наблюдаемые факты и явления, но не в их комплексе, искажая тем самым физическую сущность протекающих в недрах земли геомеханических процессов.

Единственным фундаментальным свойством горных пород является их удельный вес, определяемый вещественным составом геологической среды, а если быть точнее, то для геомеханики не меньшей значимостью обладает величина удельного объема, позволяющая в отношении многих вопросов абстрагироваться от петрографической принадлежности этого вещественного состава. Все остальные параметры, применяемые для

описания геомеханического состояния таких сред, являются тождественными по своей сути, т. е. в своей первооснове зависят только от энергетического содержания (потенциала) того или иного объема.

Следует отметить, что примерно до середины прошлого столетия Физика Земли также широко использовала представления механики сплошной среды. Однако впоследствии отход от этой парадигмы позволил существенно продвинуться в научных исследованиях. При этом было установлено, что для описания строения земных недр и распределения их энергетического потенциала по глубине является более целесообразным использование законов гидростатики. Основу этим представлениям заложило известное уравнение состояния Адамса – Вильямсона, связывающего плотность среды Земных недр с распределением в них гидростатического давления, зависящего не только от глубины и величины ускорения силы тяжести, но и введенного ими в состав фундаментальных физических характеристик горной породы нового сейсмического параметра  $\Phi$ :

$$\Delta\rho = \rho g \Delta l / \Phi, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность горных пород,  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\Delta l$  – приращение глубины залегания пород,  $\Phi$  – сейсмический параметр, определяемый из соотношения:

$$\Phi = \vartheta_p^2 - 4/3\vartheta_s^2, \quad (2)$$

где  $\vartheta_p$ ,  $\vartheta_s$  – скорости распространения упругих волн. То есть по своей физической сути это модуль всестороннего сжатия по отношению к плотности среды.



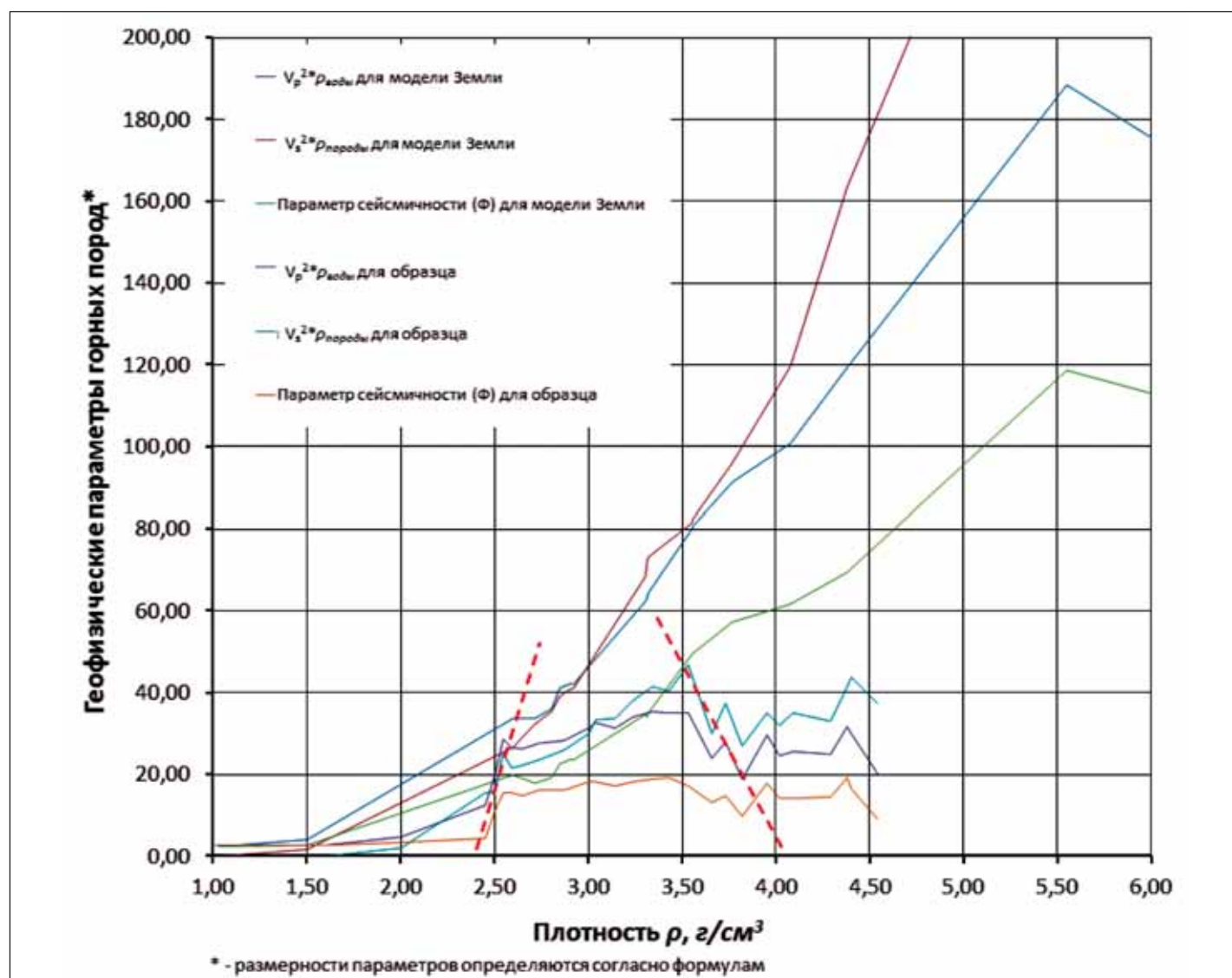


Рис. 1. График изменчивости некоторых геофизических параметров по данным «большой» геофизики и в образце

Может сложиться впечатление, что выражение (1) тождественно выражению (3), часто применяемого в геомеханике, особенно на ранних стадиях формирования ее аксиоматики:

$$\sigma_v = \gamma H, \quad (3)$$

соответствующего гипотезе акад. В. Н. Динника о распределении упругих напряжений в верхних слоях земной коры, где  $\sigma_v$  – вертикальная составляющая этих напряжений;

$\gamma$  – объемный вес горной породы;

$H$  – глубина ее залегания.

Однако нетрудно убедиться, что последнее выражение в лучшем случае может рассматриваться как частный случай выражения (1) для малых глубин, когда изменчивостью  $\gamma$  можно пренебречь. Более того, практический опыт показывает, что описание внешнего силового поля, наблюдаемого по проявлениям так называемого горного давления в горных выработках малого заглубления на основе выражения (3), часто бывает недостаточным, вследствие чего вынуждены прибегать к использованию дополнительных источников силового поля, например тектони-

ческих сил. Игнорируя тем самым интерпретационные возможности собственного внутреннего энергетического потенциала горных пород, функционально отраженного в параметре  $\rho$ .

В целях иллюстрации важности использования в задачах геомеханики фактора  $\Phi$  на рис. 1 приведены графики изменчивости некоторых геофизических параметров, построенные по данным «большой» геофизики [4] и результатам инструментальных измерений, традиционно применяемых в физике и механике горных пород на образцах в лабораторных условиях.

Прежде всего, обращает на себя внимание факт равенства параметров, определяемых выражением (4), для значения средней плотности горных пород порядка  $3 \text{ г/см}^3$ :

$$\vartheta_p^2 \rho_v = \vartheta_s^2 \rho_{\text{п}} \quad (4)$$

где  $\rho_v$ ,  $\rho_{\text{п}}$  – плотность воды и горной породы соответственно.

Причем этот факт наблюдается как на образцах, так и в массиве на глубинах до 35 км от поверхности Земли. У данного равенства существует вполне однозначное, пусть на данный момент времени и ассоциативное, обоснование, поскольку квадрат отно-

шения скоростей распространения упругих волн для твердых тел в диапазоне варьирования коэффициента Пуассона в точности соответствует величине веса единицы объема в диапазоне варьирования его отношения к весу в воде. Для коэффициента Пуассона равного 0,25, например, величина объемного веса и отношение квадратов скоростей упругих волн, умноженное на  $\rho$  воды, равны  $\sim 3 \text{ г/см}^3$ .

Тот факт, что применительно к другим значениям объемного веса на практике наблюдается отклонение от этого равенства, может иметь разные обоснования, требующие еще своего тщательного изучения. Однако уже на данном этапе понимания сути проблемы, не должно вызывать сомнений, что данное явление является следствием самоорганизованного поведения геологической среды не только в пределах верхней части земной коры, но и в целом в объеме земных недр и даже в изолированном объеме, например, куска керна или образца для лабораторных испытаний. То есть до тех пор, пока в объеме содержится внутренняя энергия упругих деформаций, достаточная для сохранения его формы.

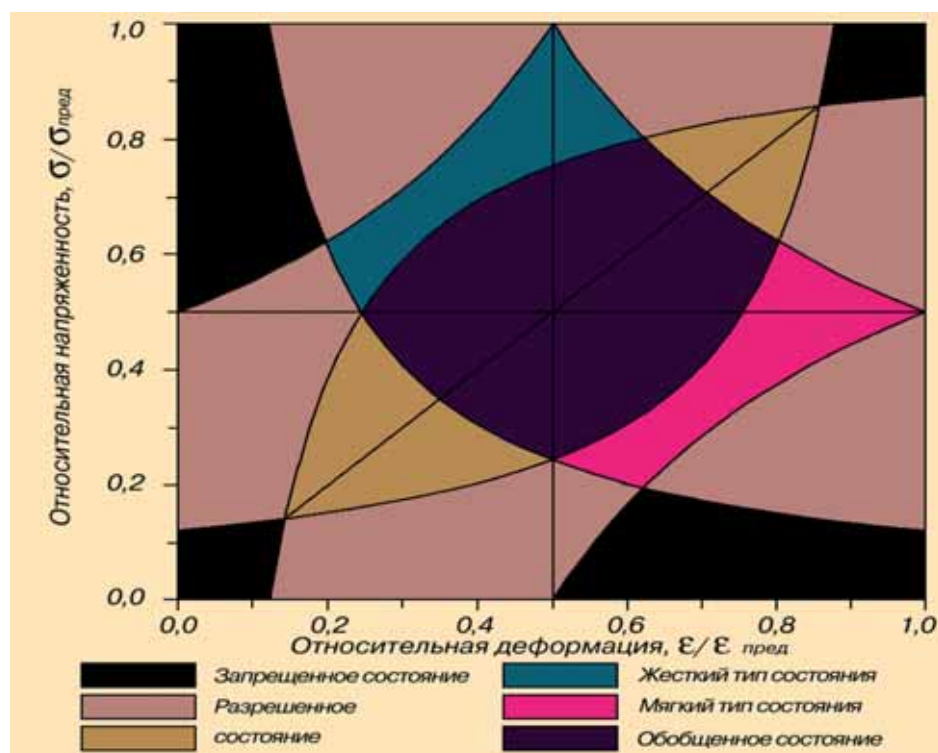


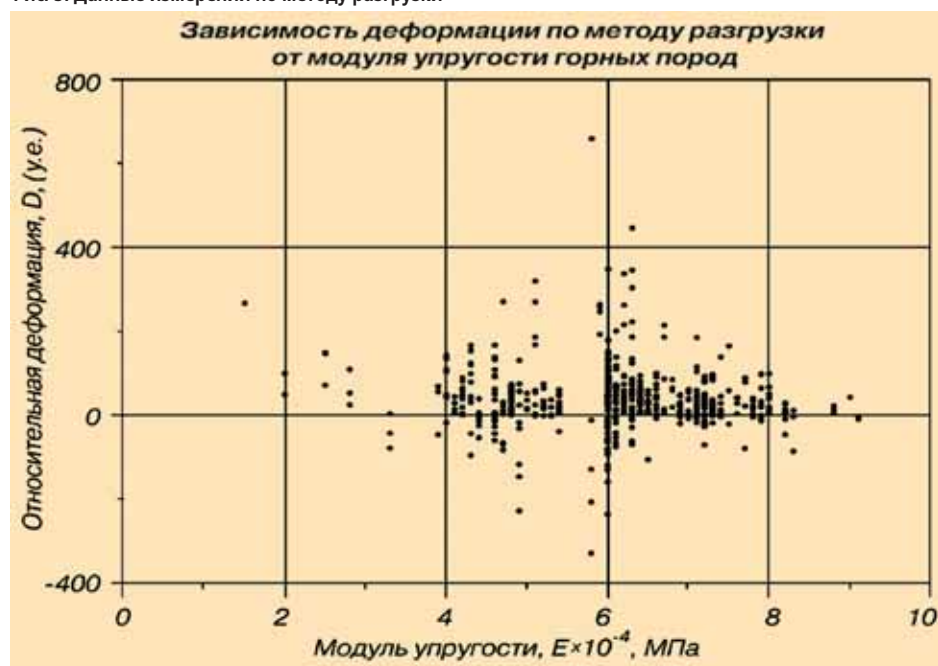
Рис. 2. Плоскость фазовых состояний системно организованных сред

Наиболее логичное объяснение данному факту предоставляет теория формирования природных систем. На рис. 2 изображена плоскость фазовых состояний системно организованных сред, построенная в упругом приближении в соответствии с основными положениями этой теории [5]. Элементы симметрии плоскости фазовых состояний определяют в общем виде доминирующие закономерности поведения таких сред в зависимости от их энергетического состояния. Легко видеть, что одна из плоскостей симметрии поля фазовых состояний иллюстрирует возможность для таких системно организованных сред менять свой энергетический потенциал без изменения объема. Во всех

остальных случаях это происходит одновременно, причем может иметь разнонаправленный характер, о чем свидетельствует наличие для фазового состояния горных пород двух степеней свободы, обусловленных абсолютным нулем (полная дезинтеграция вследствие энтропийного поведения гравитирующей массы) и осью симметрии, как центра квазиравновесного состояния системно организованных сред.

В качестве иллюстрации реальности такого поведения горных пород на рис. 3 приведены данные измерений по методу разгрузки, однозначно указывающие на наличие упомянутой выше плоскости симметрии. О чем свидетельствуют нулевые значения деформаций,

Рис. 3. Данные измерений по методу разгрузки



единственное, что может предоставить на более или менее достоверной основе метод разгрузки, поскольку его методология применительно к горным породам не соответствует принципу единства измерений.

По всей видимости, именно данное обстоятельство явилось причиной ошибочного мнения, прочно утвердившегося в физике и механике горных пород, о том, что минеральный скелет горных пород при его дезинтеграции своего объема не меняет. Мы не можем указать на результаты опытов, на основании которых это было установлено. Во всяком случае, в известной нам научно-технической литературе нет соответствующих ссылок на первоисточник, однако произведенные нами собственные опыты по дезинтеграции горных пород [2, 3] однозначно указывают на существенность этого изменения. По-видимому, в ранее произведенных работах не был учтен факт разнонаправленного изменения объемов, входящих в исходный испытуемый объем при его делении более мелкими объемами. Причем убедиться в этом можно разными способами, а не только измельчением до состояния минеральных фракций путем толчения, что только усложняет процедуру опытов и вносит существенную погрешность в окончательный результат.

В качестве примера на рис. 4 приведены результаты дезинтеграции куска керна путем его раскалывания. Особенность подобного рода опытов состоит в том, что в отличие от опытов по измельчению породы до состояния минеральных фракций методом толчения при анализе их результатов дополнительно используется вес фрагментируемых объемов на всех этапах процесса, в том числе неконтролируемых потерь, что в значительной степени повышает надежность результирующей интерпретации.

Например, в данном опыте потеря массы горной породы в весовом выражении составила порядка 10,5 г при общей потере объема в 1,4 см³, что, в случае принятия гипотезы о неизменности объема минерального скелета горной породы, предполагает его величину порядка 7,5 г/см³. Следовательно, с учетом исходной величины объемного веса порядка 3,1 г/см³, для согласования результатов опыта по объемному весу необходимо увеличить потерю объема до величины равной 1,4 см³ × 7,5/3,1 = 3,387 см³.

Иными словами, непропорциональность изменения потерянной массы горной породы и ее объема по отношению к исходным значениям свидетельствует о том, что часть увеличения объема, выделенная на одних его фрагментах, была скомпенсирована его сокращением на других. Это еще раз показывает, что даже упругое или линейное приближение применительно к горным породам может приводить к нелинейным результатам при сравнении результатов опытов для разных уровней иерархии.

Варианты дальнейшего возможного анализа подобного рода опытов вынуждены опустить и не только из-за многочисленности их разнообразия. Представленные здесь результаты уже достаточно убедительно иллюстрируют основную целевую задачу данной публикации –



предоставить простые и убедительные факты бесперспективности дальнейшего использования ныне действующей в механике горных пород научной парадигмы, основанной на положениях механики сплошной среды. Физика проявления горными породами своих свойств имеет принципиально иную сложность, качественные и количественные отличия которой не позволяют на данный момент времени решать на должном уровне практические (прогностические) вопросы геомеханики.

Графики, приведенные на рис. 1, отчетливо маркируют пределы области варьирования возможных фазовых состояний в отношении такой характеристики как плотность горных пород, находясь в полном соответствии с общей теорией природных систем, параметры поля фазовых состояний согласно которой изображены на рис. 2.

Приведенные выше данные свидетельствуют, таким образом, что аксиоматика теории природных систем, основу которой составляют закон внутреннего динамического равновесия и принцип Ле Шателье – Брауна, обладают более обоснованными претензиями на базовую научную парадигму теоретического раздела механики горных пород, взамен различного рода заимствований из смежных научных дисциплин, составляющих основу научных представлений современной геомеханики.

Любопытно в этой связи отметить, что диапазон варьирования плотностных параметров горных пород, изображенных на рис. 1, как результат самоорганизованного поведения природных систем, ограничивается величинами порядка 3,6–4,1 г/см<sup>3</sup> для предела справа и 2,3–2,5 г/см<sup>3</sup> со стороны левого предела. В принципе это хорошо соответствует величине  $\sqrt{2}$ , ошибочно принятой нами ранее за предел варьирования объемной деформации упруго деформированных горных пород в целом. Этому имеется простое объяснение, поскольку используемые при анализе на этом этапе экспериментальные данные были получены для горных пород, тяготеющих, в основном, к жесткому типу деформирования, т. е. для крепких скальных оснований.

Для пород с «мягким» типом поведения при деформировании целесообразнее принять в качестве предела объемной деформации величину порядка 1,618. Во всяком случае, исходя из параметров рис. 2, отношение величины общего предела, принятого за 1, к величине предела для «жестких» пород (~0,874) с точностью до четвертого знака после запятой соответствует отношению 1,618/ $\sqrt{2}$ .

В качестве дополнительного довода в пользу большей работоспособности представлений, основанных на теории природных систем, может выступать также тот факт, что современные модельные представления о распределении плотности в недрах земли, ограничивают область возникновения очагов землетрясений величиной  $\rho$ , не более ~4,1 г/см<sup>3</sup>. А это диапазон плотностей, допускающих упругое поведение горных пород, согласно данным рис. 2.

В заключение следует еще раз акцентировать внимание на том обстоятельстве, что к

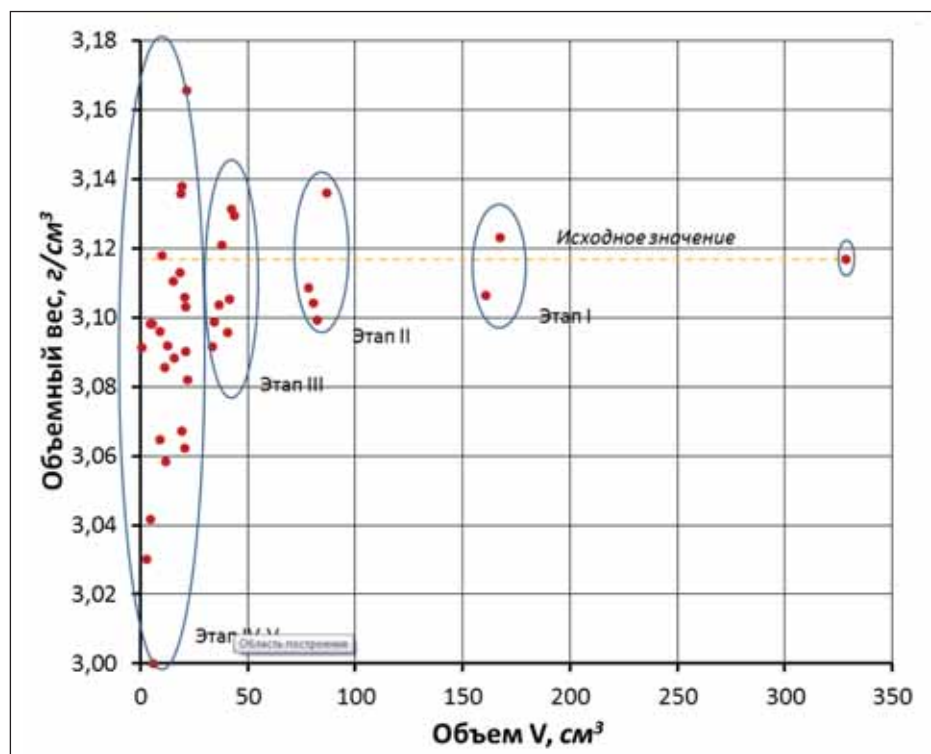


Рис. 4. Дезинтеграция керна горных пород путем раскалывания

середине прошлого столетия физика и механика горных пород допустили грубейшую ошибку, по сути, исключив из рассмотрения важнейшую физическую характеристику – объемный вес горных пород. Не плотность, а именно объемный вес, поскольку такой характеристики как плотность для горных пород в буквальном общезначимом смысле не существует. В формировании конкретного значения данной характеристики применительно к горным породам участвует не только масса вещества в плотном ненапряженном состоянии (как того требует официальное толкование физического смысла этой характеристики), но и величина объема, в который эта масса заключена, т. е. плотность упаковки. Вполне самостоятельное значение имеют форма и структура этого объема, склонных к существенному видоизменению под воздействием различных факторов.

Именно плотность упаковки массы горной породы в том или ином объеме является основной причиной разнообразия наблюдаемых в горных выработках, так называемых, проявлений горного давления. Причем плотность эта определяется не только генезисом горных пород, но и вторичными процессами поглощения и диссипации упругой энергии, склонных к самоорганизации своего поведения, упорядоченность которого и создает иллюзию наличия в верхних слоях земных недр внешних сил, отличных или дополняющих естественные силы гравитации.

#### Ключевые слова

Горные породы, объемный вес, скорости распространения упругих волн, теория формирования природных систем.

*Rocks, volumetric weight, velocity of elastic waves, theory of the natural systems formation.*

#### Список литературы

1. Абрамчук В. П., Педчик А. Ю., Костенко В. В. и др. Роль внутреннего упругого потенциала в формировании физико-механических характеристик горных пород // Тез. докл. – X Международная школа-семинар «Физические основы прогнозирования разрушения горных пород», 2. Апатиты, 13–17 июня 2016 г., Изд. КНЦ РАН. – С. 97.
2. Абрамчук В. П., Педчик А. Ю., Костенко В. В., Меденков Ф. Г. О собственной внутренней упругой энергии горных пород и ее роли в вопросах геомеханики // Метро и тоннели. – 2014. – № 6. – С. 21–23.
3. Абрамчук В. П., Педчик А. Ю., Костенко В. В., Меденков Ф. Г. К вопросу о физических основах категорирования горных пород по трудности их разработки // Метро и тоннели. – 2015. – № 1. – С. 20–21.
4. Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли и планет. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.
5. Меденков Ф. Г., Педчик А. Ю., Абрамчук В. П. Интерпретация свойств и состояния горных пород в массиве с позиций общей теории природных систем // Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций. – 2002. – № 4. – С. 10–15.

#### Для связи с авторами

Абрамчук Владимир Павлович  
us30@us30.ru  
Педчик Александр Юрьевич  
us30@us30.ru  
Костенко Виталий Вячеславович  
us30@us30.ru  
Меденков Фёдор Григорьевич  
us30@us30.ru  
Пак Александр К.  
aleksa76@goi.kolasc.net.ru

# ОТ ТРАГЕДИИ ДО КОМЕДИИ – ОДИН ШАГ

В. З. Коган, Тоннельная ассоциация России

## Чего под землей не встретишь

Недавно пошел послушать лекцию молодого кандидата наук в бывшем МИИТе, т. е. Московском институте инженеров транспорта, ныне Московском государственном университете путей сообщения.

Цитирую лектора: «Когда при проходке тоннеля в Сочи была вскрыта карстовая полость, заполненная водой, машиниста проходческого комбайна выбросило из-за пульты управления ее мощным потоком».

Как любил говорить один мой старинный друг, «аналогичный случай был в Одессе с нашей коровой».

Я, вдруг, через десятки лет, вспомнил случай на строительстве перегонного тоннеля на участке Ждановского радиуса Московского метрополитена.

В направлении станции «Пролетарская» проходка велась в крупнозернистых песках щитом с рассекающими перегородками и с глубиной заложения тоннеля местами не более 3 м. Трасса проходила в районе снесенных, а кое-где еще существовавших, жилых бараков близлежащего Мясокомбината им. Микояна.

В один, далеко не прекрасный день, щит подсек, а, может, даже и вошел в сечение выгребной ямы уличного туалета. Для тех, кто не помнит по молодости лет, сообщаю, что в таких поселках один большой многоочковый туалет строился, обычно, на несколько бараков.

Скорее всего, многокубовая выгребная яма с ее содержимым была засыпана, когда ломали бараки задолго до начала нашего строительства.

В Отделе Подземных Сооружений Мосгоргеотреста объект учтен не был, равно как и в материалах геологических изысканий проектного института «Метроригипротранс». На геоподоснове его, естественно, не было.

...В старых проходческий щитом с ручной разработкой забоя машинист располагался в правой нижней ячейке щита.

Так вот, машинист щита был выброшен потоком этого выдержанного продукта со своего рабочего места. Причем, наш лучший, самый опытный машинист.

Хорошо, что обошлось без травм. Не считая моральных. Помню народ, работавший в тоннеле, требовал дополнительных компенсаций за вредные условия труда.

Стойкий запах держался на щите недели две, в течение которых высокое начальство старалось не появляться в тоннеле.

А вы говорите «вода в карстовых полостях». Эка невидаль...

## Сколько воды бывает в тоннеле

Сообщили, что на стройплощадку станции «Площадь Ногина», теперь – «Китай-город», придет Татьяна. Дана команда подготовиться.

Подготовили объект, вылизали все, как коты ... лапки.

...Татьяной весь московский Метрострой звал за глаза Татьяну Викторовну Федорову – личность легендарную. Во времена, о которых идет речь, она работала заместителем начальника московского Метростроя и ведала, в частности, кадровыми вопросами.

Авторитет ее был непререкаем.

В 1933 г. на Метрострой пришла 19-летняя комсомолка. Работала в проходческой бригаде.

Дружила Федорова с Валерием Чкаловым и многими другими известными людьми. Занималась в аэроклубе. Имя славной представительницы советской трудовой молодежи заслуженно гремело в газетах и по радио.

Говорят, что образ Лели из незабвенного фильма «Добровольцы» Евгений Долматовский, сам, кстати, один из первых метростроевцев, писал с Тани Федоровой.

В войну, когда мужчин на Метрострое осталось мало, а строительство, тем не менее, не прерывалось, Федорова продолжала шагать по служебной лестнице.







После войны работала начальником СМУ N 3 Метростроя и построила, в частности, чудесную станцию «Новослободская».

Настоятельно рекомендую ее автобиографическую книгу «Наверху – Москва», дважды переизданную.

...Татьяна Викторовна и свита спустились в шахту.

Как известно, под именем «Китай-город» существуют две параллельные станции. Из них ближайшую к стволу строил участок Юрия Павловича Рахманинова.

Юра хорошо подготовился к приему вышестоящего руководства, а сам, как обычно, был обаятелен и предупредителен.

Комиссия, как у нас, «в народе», называли такие посещения, увиденным у него осталась довольна.

Вышли со станции на «крест». Для непосвященных, крест в сленге подземщиков, это перекресток подземных рельсовых путей, то есть место, где они перекрещиваются.

Татьяна Викторовна говорит: «А сейчас давайте пройдем к Коле Каюкову».

Николай Николаевич Каюков руководил участком, строившим вторую из двух станций.

...Татьяну Викторовну сопровождал начальник одного из ведущих отделов Управления. Был он на Метрострое такой же абориген, как и Федорова, но, конечно, известен широкой публике не так, как она. Работал на Метрострое с 30-х годов, дослужившись до начальника одного из СМУ.

Все было хорошо, уважаемый человек, вся грудь в орденах. Но, как это у нас на производстве иногда бывает, пошла черная полоса: один несчастный случай за

другим. Требовалась жертва, и первым за «не обеспечил...» сняли с работы главного инженера СМУ, другого ветерана. А затем пришла очередь и нашего героя. И никто не смог его защитить перед профсоюзами и прокуратурой.

Куда девать заслуженного строителя? Пристроили начальником отдела в Управлении Метростроя. Человек живой, седой, как лунь и небольшого росточка, он всю жизнь провел на стройке, и было ему на новом месте, конечно, не совсем комфортно: не привык к бумажной работе. Метростроевцы, вообще-то склонные к языкотворчеству, за глаза звали нашего героя не иначе как по его редкостному в наше время отчеству: Ферапонтыч.

...Как человек ответственный, Ферапонтыч, приехал к нам раньше Федоровой и успел облазить все рабочие места в шахте. Он увидел, что по какой-то причине, каюковская станция была подтоплена подземными водами. Видно, насос сломался или какая другая причина...

Итак, Федорова с небольшой свитой и все сопровождающие столпились на кресте.

– Татьяна Викторовна, не надо ходить к Каюкову, – убежденно заявил Ферапонтыч, – мы там не пройдем.

– А почему? В чем дело? – удивилась Федорова.

– Татьяна Викторовна, там полно воды, там воды...

Ферапонтыч замялся, подыскивая слова. И через мгновение, глядя снизу вверх на статную Татьяну, выпалил: «... по соски!».

И для вящей убедительности провел поперек груди ребром ладони.

Все так и грохнуло. Заразительнее всех смеялась Федорова.



# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ МЕТРОПОЛИТЕНА. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАБОТ

## SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT OF METRO OBJECTS CONSTRUCTION. THE MAIN TYPES OF WORKS

Д. С. Конюхов, к. т. н., НИЦ ОПП АО «Мосинжпроект»

D. S. Konuhov, Candidate of technical sciences, LLC «Mosinzhprouekt»

В статье рассмотрены цели и задачи научно-технического сопровождения строительства (НТСС) объектов метрополитена. Определены важные элементы НТСС – оценка геотехнических рисков, а также внедрение новых конструктивных и технологических решений.

Задачи НТСС разделены по стадиям выполнения: при проектно-изыскательских работах, при строительстве, при информационном обеспечении строительства.

*In the article the goals and tasks of scientific and technical support of construction (STSC) of Metro objects are considered. Such important elements of the STSC as geotechnical risks assessment and the introduction of new constructional and technological solutions have been identified.*

*The tasks of STSC were divided into such stages of implementation as design and survey work, construction, information support of construction.*

Проектирование и строительство объектов метрополитена в условиях плотной городской застройки представляет собой формирование системы элементов, функционирующих в течение всего жизненного цикла сооружения. Такая система называется «природно-технической геосистемой» (ПТГС) [10] и состоит из четырех взаимосвязанных элементов (рис. 1):

- А – вмещающий массив;
- Б – технологии, используемые при строительстве подземного сооружения;
- В – подземное сооружение;
- Г – окружающая среда.

Научно-техническое сопровождение строительства объектов метрополитена призвано обеспечить устойчивое взаимодействие между этими элементами и сведение к минимуму риска нарушения функционирования любого из них, т. к. это может привести к выходу из строя системы в целом.

Термин «научно-техническое сопровождение строительства» (НТСС) раскрывается следующими нормативными документами:

- СП 22.13330.2011 и СП 248.1325800, согласно которым научно-техническое сопровождение строительства – это «комплекс работ научно-аналитического, методического, информационного, экспертно-контрольного и организационного характера, осуществляемых в процессе изысканий, проектирования и строительства в целях обеспечения надежности сооружений с учетом применения нестандартных расчетных методов, конструктивных и технологических решений»;
- МРДС 02-08, в котором к целям НТСС добавляется еще обеспечение качества строи-

тельства и допускается применение нестандартных материалов.

Вопросам научного сопровождения подземного строительства уделено много внимания в работах [1, 2, 7, 8, 11, 12, 14] и др., однако в большинстве случаев в качестве НТСС рассматривается геотехнический и геоэкологический мониторинг, а также отдельные работы по контролю качества строительства.

Наиболее подробно цели и задачи научного сопровождения строительства изложены в МРДС 02-08, а в [2] они рассматриваются применительно к строительству подземных сооружений, в том числе метрополитенов.

Необходимо отметить, что некоторые работы, указанные в МРДС 02-08, согласно [16] относятся к предмету государственного строительного надзора.

Ряд аспектов НТСС в [2] и МРДС 02-08 не учитывается. В частности, важным элементом обеспечения безопасности ПТГС при подземном и транспортном строительстве является оценка геотехнических рисков [3, 12].

Еще одним важным моментом является внедрение новых конструктивных решений. Сюда может относиться как разработка самих конструкций, так и заполнение пробелов в существующей нормативной

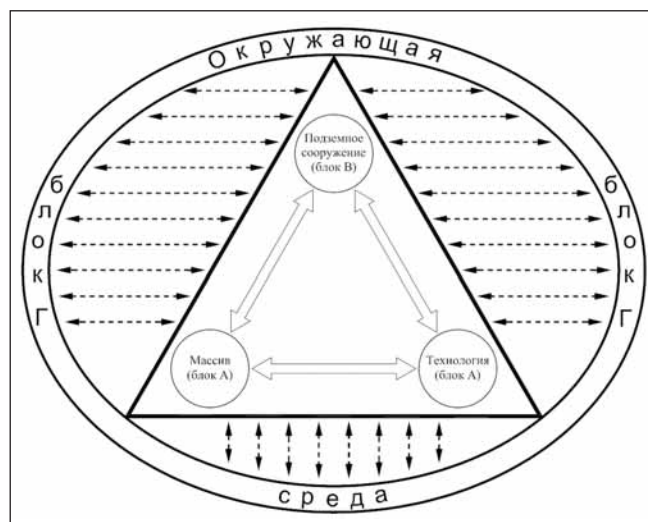


Рис. 1. Схема взаимодействия системы «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда» (ПТГС) [10]

документации. Одним из подобных пробелов является отсутствие нормативных требований по проектированию фибробетона [4, 21], что требует разработки расчетных методик, их апробации на реальных объектах и последующего мониторинга напряженно-деформированного состояния конструкций и вмещающего массива [15]. Аналогичная ситуация возникает при разработке новых решений по гидроизоляции подземных сооружений метрополитена [9] (рис. 2), конструировании блоков обделки для ранее не применявшихся ТПМК и др. Подобная работа по конструированию высокопрочных блоков обделки была выполнена для внедрения в практику метростроения в г. Москве ТПМК диаметром 10,82 м



для строительства двухпутных тоннелей [22]. Она включала в себя:

- анализ данных инженерных изысканий;
- определение оптимальных размеров поперечного сечения тоннеля исходя из габаритов приближения оборудования, размещения в тоннеле систем вентиляции, условий эвакуации и проч.;
- анализ отечественной и зарубежной нормативной и специальной технической литературы для учёта при проектировании и обосновании принятых конструктивных решений;
- определение толщины блоков и, соответственно, внутреннего и наружного диаметров тоннеля;
- разработку дизайна кольца обделки и опалубочных чертежей;
- расчётное обоснование принятых решений методом математического моделирования с учётом совместной работы конструкции с вмещающим грунтовым массивом;
- сопровождение выпуска пробной партии блоков;
- испытания блоков и сертификацию конструкций (рис. 3).

Важным этапом НТСС является внедрение инновационных технологических решений строительства, а также внедрение и сопровождение «высоких технологий» подземного строительства [20]. Так, разработанные в Тоннельной ассоциации России и в АО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» системы вентиляции однопутных и двухпутных перегонных тоннелей (рис. 4) позволяют отказаться от строительства притоннельных сооружений на перегонах метрополитена, которые обыкновенно размещаются в глубоких котлованах или в шахтных стволах [5].

Тоннельной ассоциацией России в рамках работ по НТСС Калининско-Солнцевской линии Московского метрополитена была проведена большая работа по анализу типов применяемых ТПМК с активным пригрузом забоя и разработке рекомендаций по их применению в различных инженерно-геологических условиях [6].

Одним из направлений применения «высоких технологий» подземного строительства в метростроении является проходка стволов с использованием механизированных стволотехнических комплексов (рис. 5), что позволяет уменьшить стоимость и сроки

проходки, увеличить производительность труда, повысить качество строительной продукции, обеспечить безопасность труда проходчиков, минимизировать влияние строительства на природно-техногенную среду [17].

На основании анализа научной и нормативно-технической литературы и базируясь на практическом опыте научно-технического сопровождения строительства объектов Московского метрополитена, сформулируем цель и задачи НТСС объектов метрополитена.

Целью научно-технического сопровождения строительства объектов метрополитена является обеспечение безопасности людей, ППТС в зоне влияния строительства, качества выполняемых работ, надёжности и безопасности строящегося объекта метрополитена на основе результатов инженерных изысканий, научного прогнозирования и анализа данных всех видов мониторингов, осуществляемых в процессе строительства.

Задачи, решаемые в процессе научно-технического сопровождения строительства объектов метрополитена:

1. На стадии проектно-изыскательских работ:
  - 1.1. Обеспечение полноты и достаточности результатов инженерных изысканий.
  - 1.2. Прогноз геотехнических рисков с учётом всех возможных видов воздействий.
  - 1.3. Учёт при проектировании современных конструктивных, технических и технологических решений строительства объектов метрополитена, применение эффективных и безопасных материалов, строительных машин и эксплуатационного оборудования.

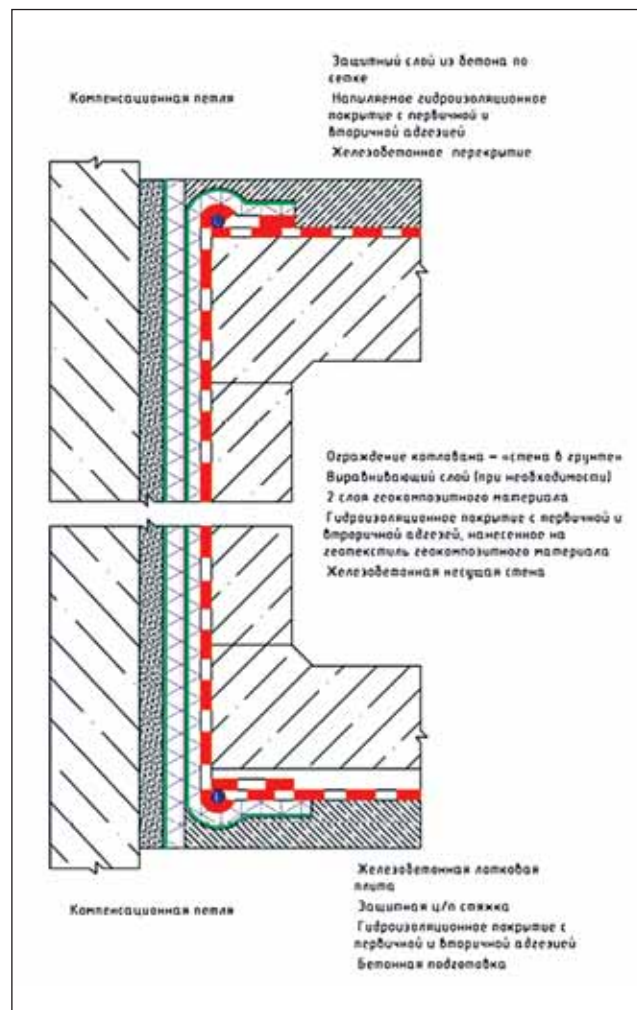


Рис. 2. Схема устройства гидроизоляционной системы при открытом способе работ без пауз для обратной засыпки грунтом [9]

1.4. Прогноз влияния строительства на сложившуюся природно-техногенную среду.

1.5. Обеспечение комплекса мероприятий по минимизации влияния строительства объектов метрополитена на сложившуюся природно-техногенную среду.

1.6. Формирование комплекта специальных технических условий, стандартов предприятий и других нормативно-технических документов.

1.7. Сертификация новых конструкций и материалов.

1.8. Экспертно-консультативный анализ проектной документации с целью исключения рисков аварийных ситуаций, совер-

Рис. 3. Статические испытания высокоточных блоков обделки для ТПМК диаметром 10,82 м [22]

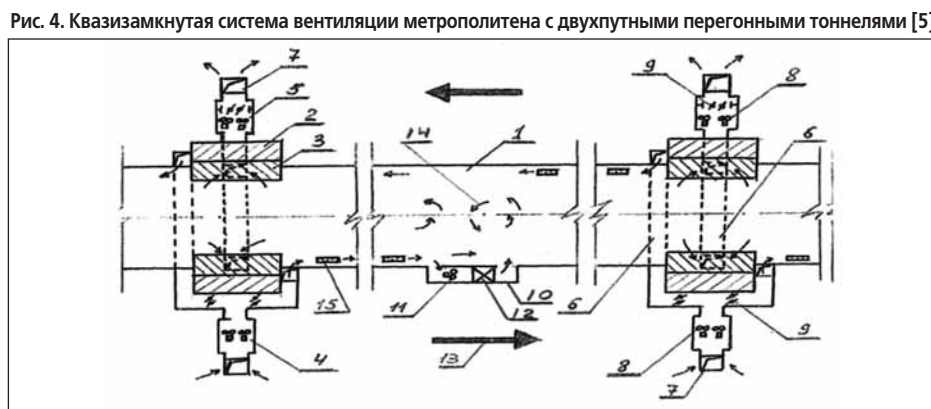


Рис. 4. Квазизамкнутая система вентиляции метрополитена с двухпутными перегонными тоннелями [5]

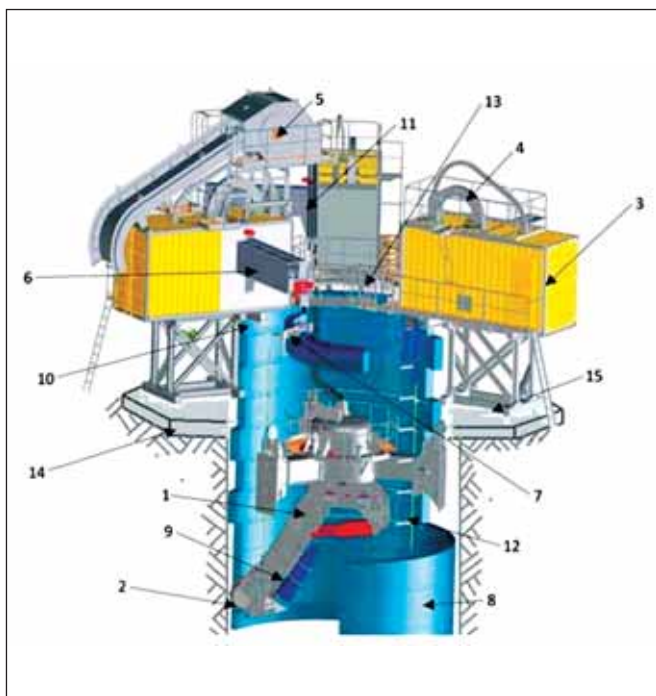


Рис. 5. Схема механизированного стволопроходческого комплекса в разрезе ствола [17]: 1 – стволпроходческая машина, 2 – телескопический рабочий орган с фрез-барабаном поперечного перемещения, 3 – опускной контейнер, 4 – опускные лебедки, 5 – лебедка энергетических линий, 6 – краповая балка, 7 – блок обделки под траверсой, 8 – обделка ствола, 9 – погружной шламонасос, 10 – домкрат для задавливания обделки, 11 – трубопроводы выдачи пульпы, подачи воды, гидравлические шланги, 12 – трубки геодезической системы, 13 – технологические мостки, 14 – свайные фундаменты, 15 – опорные стапелы

шенствования конструктивных, объёмно-планировочных, технологических решений строительства.

1.9. Составление программы работ по НТСС.

2. На стадии строительства:

2.1. Анализ результатов различных видов мониторинга и данных по контролю качества строительства.

2.2. Инструментальное сопровождение мониторинга и контроля качества строительства с применением геофизических и других неразрушающих методов.

2.3. Оценка пригодности к эксплуатации конструкций, изготовленных с отклонениями от проекта.

2.4. Анализ причин и последствий (в том числе долговременных) нештатных и аварийных ситуаций.

2.5. Принятие оперативных решений, разработка рекомендаций и технических мероприятий по устранению последствий аварийных ситуаций, а также негативных факторов, выявленных в процессе мониторинга и контроля качества, а также при отклонении от проектных решений.

2.6. Создание и пополнение информационной базы данных по результатам различных видов мониторинга и учёт этих данных при последующем проектировании.

2.7. Выполнение опытно-исследовательских работ.

3. Информационное обеспечение строительства.

Предлагаемая система научно-технического сопровождения строительства объектов метрополитена позволит вести крупномасштабное подземное строительство в условиях мегаполиса, практически не оказывая влияния на его нормальную жизнедеятельность и безопасность населения.

### Ключевые слова

Научно-техническое сопровождение, геотехнический мониторинг, метростроение.

*Scientific and technical support, geotechnical monitoring, subway building.*

### Список литературы

1. Безродный К. П., Лебедев М. О. Горно-экологический мониторинг при строительстве метрополитена. – *Инженерные сооружения*, № 3–4, 2015. – с. 88–92.
3. Васильев Ю. Э., Валиев Ш. Н., Талалай В. В., Кокодева Н. Е. С учётом оценки риска. – *Автомобильные дороги*, № 3, 2017. – с. 104–112.
4. Володин М. Е. Использование анкерной стальной фибры при строительстве транспортных тоннелей. – *Метро и тоннели*, № 1, 2016. – с.26–30.
5. Елгаев С. Г., Мазеин С. В., Мутушев М. А. Стройплощадки на перегонах: неизбежность или анахронизм? – *Метро и тоннели*, № 1, 2016. – с.16–18.
6. Елгаев С. Г., Мазеин С. В., Федунец Б. И. Научно-техническое обоснование выбора типа пригруза щитовой проходки в сложных геологических условиях строительства тоннелей метро. – *Метро и тоннели*, № 1, 2016. – с.10–14.
7. Ильичев В. А., Коновалов П. А., Никифорова Н. С. Деформации существующих зданий при строительстве заглубленных сооружений. // *Научное издание. НИИОСП им. Н.М. Герсеванова – 70 лет.* – М.: Экономика, строительство, транспорт, 2001. – с. 253–263.
8. Ильичёв В. А., Коновалов П. А., Никифорова Н. С. Влияние строительства заглублённых сооружений на существующую историческую застройку в Москве. – *Основания, фундаменты и механика грунтов*, № 4, 2001. – с. 19–24.
9. Кобидзе Т. Е., Колобаев Д. А., Потапов Г. В. Гидроизоляционные системы для подземных сооружений транспортного назначения, возводимых по технологии «стена в грунте». – *Метро и тоннели*, № 1, 2016. – с. 19–21.
10. Корчак А. В. Методология проектирования строительства подземных сооружений. – М.: «Недра Коммуникаций» ЛТД, 2001.
11. Кудрин А. Ю., Качанов С. А., Нигметов Г. М. и др. Проект методики мониторинга зданий и сооружений. – *Технологии гражданской безопасности*, том 3, № 3, 2006. – с. 93–104.
12. Меркин В. Е., Зерцалов М. Г., Конюхов Д. С. Управление геотехническими рисками в подземном строительстве. – *Метро и тоннели*, № 6, 2013. – с. 36–39.
13. МРДС 02-08. Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных.
14. Никифорова Н. С. Закономерности деформирования оснований зданий вблизи глубоких котлованов и защитные мероприятия. Диссертация... доктора техн. наук. – М.: МГУПС, 2008.
15. Панкратов М. С., Алексанян А. А. Об эффективности применения набрызг-бетона в метростроении (по результатам работ на опытном участке в Москве). – *Метро и тоннели*, № 1, 2016. – с.22–25.
16. Постановление Правительства РФ от 01 февраля 2006 года № 54 «О государственном строительном надзоре в Российской Федерации».
17. Потапов М. А., Потапова Е. В. Стволпроходческие комплексы: практика применения для проходки вертикальных стволов Московского метрополитена за последние 10 лет. – *Метро и тоннели*, № 2, 2016. – с.12–16.
18. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений.
19. СП 248.1325800.2016. Сооружения подземные. Правила проектирования.
20. Теличенко В. И., Зерцалов М. Г., Конюхов Д. С., Королевский К. Ю., Король Е. А. Современные технологии комплексного освоения подземного пространства. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 322 с.
21. Хотеев Е. А. Метод расчета трещиностойкости тоннельных обделок кругового очертания из фибробетона с учетом взаимодействия с вмещающим грунтовым массивом: Диссертация ... кандидата технических наук. – М.: Моск. гос. строит. ун-т, 2016. – 165 с.
22. Хохлов И. Н., Соломатин Ю. Е. Сборная водонепроницаемая обделка из высокоточных блоков для двухпутных тоннелей московского метрополитена. – *Метро и тоннели*, № 2, 2016. – с.18–23.

### Для связи с автором

Конюхов Дмитрий Сергеевич  
gidrotechnik@inbox.ru





# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТБМ С ГРУНТОПРИГРУЗОМ В УСЛОВИЯХ ВАЛУННОГО ГРУНТА

## EPBM DESIGN AND OPERATION IN BOULDER CONDITIONS

Ук Юнг Ким, GS E&C, Корея

Uk Young Kim, GS E&C, Korea

Эта статья знакомит с конструкцией и предложениями по эксплуатации тоннельной буровой машины (ТБМ) в условиях валунного грунта, который прогнозируемо создает значительные проблемы с точки зрения износа и скорости ТБМ. Решение этих проблем затруднено, поскольку существующие методы исследования не могут точно предсказать наличие и частоту встречи валунов. Эти проблемы привели к значительным дополнительным расходам и задержке в процессе строительства тоннеля. Валунные отложения у Fort Canning (аббревиатура FCBB) заведомо создают трудности для тоннелестроения в Сингапуре с его уникальными геологическими условиями. FCBB состоит из двух совершенно разных материалов – чрезвычайно прочные валуны большого размера, которые находятся в очень плотной и липкой матрице глины, и с этими грунтами нелегко иметь дело. Две машины с грунтопригрузом (EPB) были применены в проходке 645-м тоннеля в валунных отложениях и всего семь раз были проведены работы по многочисленным заменам дисковых шарошек. В этой статье рассмотрены характеристики FCBB и эксплуатационные параметры дисковых шарошек. Изучены методы кондиционирования грунта с валунами и предложены оптимальные оперативные методы улучшения свойств грунта для будущего тоннелестроения в аналогичных геологических условиях.

*Basically, boulders are a frequent source of problems in soft ground tunneling. During tunnel construction, the need to manually break and remove boulders as obstructions causes delays to the project and repairs and maintenances to a tunnel boring machine (TBM) act as a source of delays. The Fort Canning Boulder Bed (FCBB) is notorious for its tunneling difficulties in Singapore due to its unique geological conditions. FCBB consists of two totally different materials, large size extremely hard strength boulders and a very dense and sticky clay matrix which are surrounding boulders, and both are not easy to deal. On the other hand, technical information and operational knowledge could rarely be found even in Singapore despite of many TBM construction experiences owing to restricted existence of boulder bed. Contract 937's project team excavated total 645m of tunnel in boulder bed using Earth Pressured Balanced Machine (EPBM) during a construction of Singapore Downtown Line Stage 3 (DTL3). Lessons learnt and accomplishments in terms of TBM machine design and operation are to be described in this paper and operational pre-cautions for boulder bed tunneling are also to be proposed for future tunneling in similar ground condition.*

Частым источником проблем для тоннелестроения в мягком грунте являются валуны. Во время прокладки тоннелей возникает необходимость вручную раздробить и удалить камни, что является причиной задержки проекта, связанной с ремонтными работами в забое и задержками проходки с помощью ТБМ.

Валунные отложения у Форта Каннинг (FCBB) являются трудностью для тоннелестроения в Сингапуре из-за своих уникальных геологических условий. FCBB состоит из двух совершенно разных материалов – чрезвычайно прочные валуны большого размера, которые находятся в очень плотной и липкой матрице глины, окружающей каменные глыбы, и с этими грунтами нелегко иметь дело. С другой стороны, исходя из технической информации и оперативных знаний, валунные отложения редко встречаются даже в Сингапуре, несмотря на большой опыт строительства ТБМ ввиду ограниченного распространения валунного грунта.



Рис. 1. Этап 3 линии Даунтаун



Рис. 2. Строительство по контракту 937

Команда проекта по контракту 937 проложила всего 645 м тоннеля в валунных отложениях с помощью тоннельной буровой машины с грунтопригрузом (EPB ТБМ) во время строительства Сингапурской центральной транспортной линии, этап 3 (DTL3). В этой статье описаны примеры и достижения с точки зрения проектирования и эксплуатации ТБМ, которые оперативно дают прогноз для тоннелестроения в валунных отложениях, а также должны быть предложены для строительства будущих тоннелей в подобных условиях.

### Краткое описание проекта

Этап 3 линии Даунтаун (DTL3) является частью подземной системы общественного высокоскоростного транспорта (Mass Rapid Transit (MRT)), простирающейся от станции «Чайнатаун» линии Даунтаун этап 1 (DTL1) через Юго-Восточную часть Сингапура и заканчивающейся станцией «Экспо» Западно-Восточной линии. Этап 3 состоит из 16 станций, общая длина маршрута составляет около 23 км (рис. 1).

Железнодорожное сообщение для контракта 937 пролегает от улицы Аппер-Кросс возле станции «Чайнатаун» DTL1 вдоль дороги общего пользования и под рекой Сингапур, а затем заканчивается на станции «Бенкулен» контракта 936 (рис. 2). Основные работы по контракту 937 включают в себя:

- короткий тоннель открытого способа строительства, прилегающий к улице Аппер-

Кросс и соединяющий станцию «Чайнатаун» с остальной частью DTL3;

- ствол аварийного выхода в конце вышеупомянутого короткого тоннеля (служит также в качестве демонтажной камеры для ТБМ);
- станция открытого способа строительства в долине реки (название станции – «Форт Каннинг»);
- сдвоенный тоннель к станции «Форт Каннинг», который стыкуется с вышеупомянутым тоннелем открытого способа строительства и называется в стадии строительства как WEST (западный тоннель);
- сдвоенный тоннель под парком Форт Каннинг, соединяющий станцию «Форт Каннинг» со станцией «Бокс» C936 на западном конце улицы Бенкулен и называемый в стадии строительства как EAST (восточный) тоннель.

Валуны были встречены по маршруту Восточного тоннеля, как указано на рис. 2, их протяженность составила около 40 % от длины Восточного тоннеля. На валунных отложениях у Форта Каннинг находится часть центрального делового и коммерческого районов в Сингапуре, и контракт 937 был одним из самых показательных проектов строительства в центре Сингапура.

### Геологические условия

#### Геология по контракту 937

Результаты исследований участка показали, что условия вдоль проектной трассы

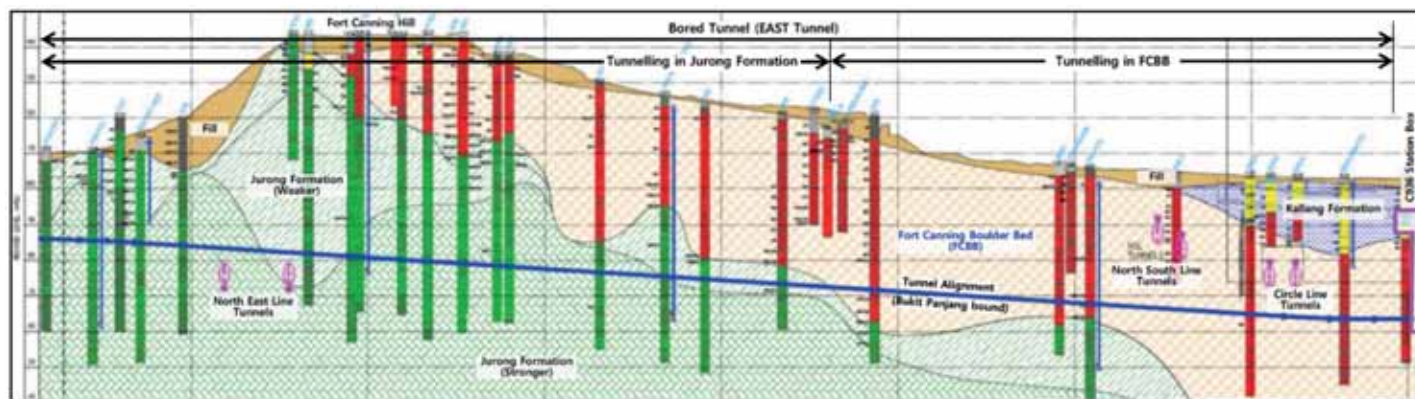
весьма осложнены из-за присутствия основных грунтов Сингапура, которые включают формации Калланг и Джуронг и, наконец, валунные отложения Форта Каннинг.

Как правило, тонкие слои наносов перекрывают коренной грунт над проектными выработками. Наносы сопровождают формации грунта, состоящего из морских и речных отложений. Формации Джуронг находятся под формированием Калланг на всех вышеуказанных местах за исключением восточной части холма Форта Каннинг, где формация Джуронг сопряжена с валунными отложениями Форта Каннинг (FCBB). Толщина FCBB колеблется от величины менее чем 10 м рядом с северо-восточной трассой тоннеля до величины более чем 40 м в районе C936 станции «Бокс», как указано на рис. 3.

#### Характеристики валунных отложений Форта Каннинг (FCBB)

Валунные отложения Форта Каннинг представляют собой коллювиальные скопления и обычно состоят из жестких песчаных ила/глины и очень плотного пылевато-глинистого песка (как матрицы материала) со случайно распределенными умеренно прочными, очень прочными включениями валунов, гальки и гравия из грубо зернистого песчаника. FCBB очень трудно точно определить по буровому журналу, так как керн похож на выветрившийся пласт формации Джуронг.

Рис. 3. Геологический профиль Восточного тоннеля





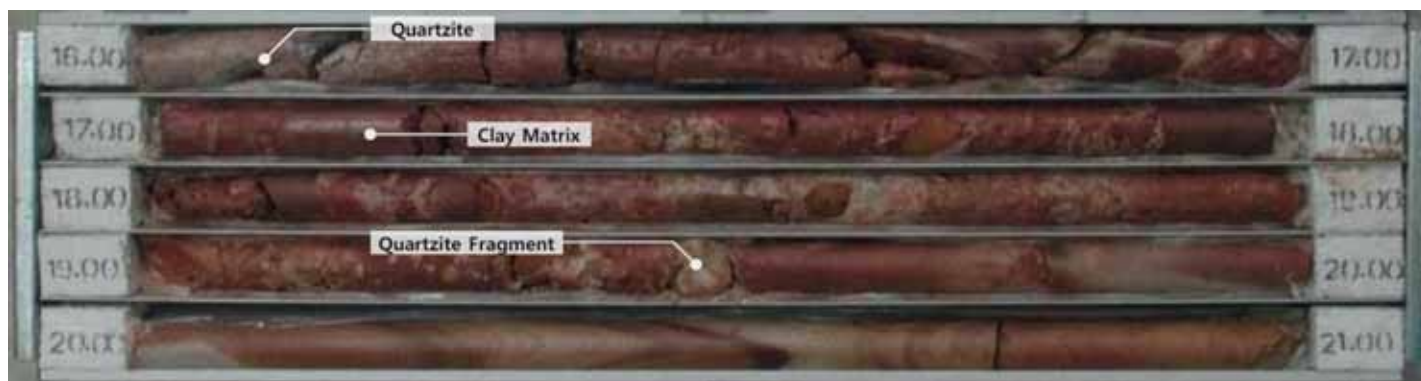


Рис. 4. Керн с валунными отложениями, где показана характерная последовательность песчаника или кварцита, перемежающегося с вмещающей жесткой глиной



Рис. 5. Валун, лежащий в отвале грунта на станции «Бокс» C936

Валуны обычно описываются как песчаник и состоят главным образом из кварца с фельзитом. Преобладающий цвет почвы – пурпурный, глубокий красный, пестрый желтый и светло-серый (Ширлоу и др., 2003).

Валунные отложения FCBV были обнаружены в слоях грунта по результатам всех скважин от верхней части холма Форт Каннинг на Восток (рис. 3). Более двадцати скважин подтвердили наличие FCBV на маршруте проектируемого тоннеля.

Как уже упоминалось, FCBV состоит из валунов и гравия песчаника во вмещающем грунте. Минимальные и максимальные размеры каждого валуна, указанные в основных описаниях геотехнических отчетов, были 0,5 и 3 м соответственно на основе наблюдений в породном керне (рис. 4). Но, к сожалению, щитам ТБМ в стадии строительства пришлось часто встречать валуны более 3 м, некоторые из которых были достаточно большие, чтобы перекрыть забой всего тоннеля (6 м и более), (рис. 5).

Диапазон прочности валунов был между 10 и 90 МПа, средняя прочность – 60 МПа, но максимальную прочность на одноосное сжатие в 200 МПа следует рассматривать для конструкции машины и решений по конфигурации резцов.

Что касается абразивности валунов, то было проведено ограниченное количество испытаний, результаты которых по тестам CERCHAR были в диапазоне 4,9–6,7, из чего следует, что это очень абразивные кварцитовые валуны.

В табл. 1 представлена информация по геологическим параметрам валунов при строительстве.

Геологические параметры валунных отложений Форта Каннинг

| Параметры | Плотность, $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup> | Угол внутреннего трения, $\Phi$ , град. | Удельное сцепление, $c$ , кПа | Усилия не дренированного среза, $C_u$ , кПа | Модуль Юнга, МПа |           | Проницаемость, $K$ , м/с |
|-----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|------------------|-----------|--------------------------|
|           |                                         |                                         |                               |                                             | $E_u$            | $E'$      |                          |
| Значение  | 21                                      | 32,5                                    | 10                            |                                             | 300              | $E_u/1,2$ | $10^{-8}$                |

$N$  – SPT число ударов

$E_u$  – модуль Юнга без дренажа

$E'$  – модуль Юнга с дренажом

Результаты проходки в отложениях FCBV, особенно для последнего тоннеля Форта Каннинг, показали, что нет заметного попадания воды в тоннель через валунные отложения. Вонг и другие исследователи сообщили о «благоприятных» условиях проходки, с весьма ограниченным притоком подземных вод во время экскавации. Конструкция щитовой машины для работы в FCBV была направлена на извлечение валунов, а не на управление поступлением воды.

### Конструкция ТБМ

#### Выбор типа машины

Даже с предположением риска попадания воды или осадку поверхности над FCBV, ожидается, что локализация валунов должна сохранить пригруз забоя, когда машина ЕРВ эксплуатируется в мягких грунтах.

Стратегия ЕРВ в камере экскавации связана с потенциалом для производства тонкой стружки во время проходки. Валун при проходке в FCBV слоях появляются, в основ-

ном, в осадочных породах формации Джунг, которые могут иметь тонкую текстуру, создавая трудности во время проходки ТБМ в глинистых вмещающих грунтах при встрече валунов. Присутствие тонкодисперсных частиц в отбитой породе позволяет создать пробку в шнековом транспортере, чтобы контролировать выдачу грунта и устойчивость забоя.

С другой стороны, машина ТБМ с гидропригрузом наиболее адекватна в песках или слабых грунтах с содержанием тонких частиц. Проектная группа считает, что эффективность ТБМ в значительной степени пострадала, если бы использовали машину с гидропригрузом, из-за засорения исполнительного органа ТБМ и трудности разделения тонкодисперсных частиц в сепарационной установке.

Альтернативная машина ТБМ с гидропригрузом требует, чтобы максимальные размеры кусков грунта были меньше, чем 152 мм (6 дюймов), поэтому размер кусков должен



Рис. 6. Конструкция режущего органа для проходки в валунах: а – без колосников, б – с колосниками

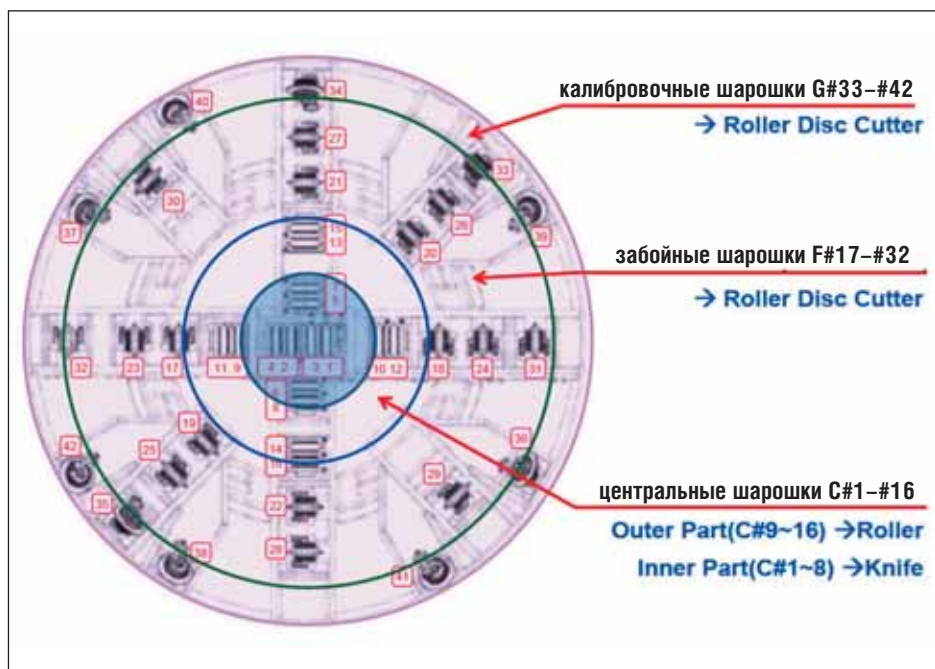


Рис. 8. Устройство режущего органа

быть сокращен до этих габаритов. Очень часто, как описывает геотехнический отчет, по маршруту тоннеля были валуны размером выше 152 мм, поэтому считается, что ТБМ EPB технически превосходит гидропригрузную машину ТБМ из-за увеличенного размера валунов и кусков, позволяющего выдавать грунт.

### Конструкция машины для проходки в валунах

Привод исполнительного органа (ротора) был оснащен пятью электродвигателями 210 кВт (всего 1050 кВт), соединенными через механические редукторы с шестерней главного привода в пяти местах. Электродвигатели 210 кВт контролировались вариометрами переменной частоты (VFD) таким образом, что проходка может проводиться на скоростях вращения ротора от 0 до 4,5 об/мин. Вариометры VFD также используются для запуска электродвигателей, подключенных непосредственно к проходке без существенного увеличения тока в электрической системе. Эта система привода была выделена в составе более общей системы гидропривода благодаря повышению эффективности прямого электропривода. В ходе тоннелестроения выявлена существенная выгода увеличения

инерции буровой проходки с прямых муфт электродвигателей.

Проемы пропуска грунта через исполнительный орган проходки были оборудованы колосниками через расстояние 300 мм (рис. 6) так, что через каждый проем не мог бы пройти такой кусок горных пород, который больше, чем тот, который может пройти через шнек.

### Использование шарошек в валунах

#### Конфигурация шарошек

Имели место значительные споры среди команды проекта о надлежащей конфигурации режущего инструмента для разработки валунов в мягком грунте. Ранее использование дисковых шарошек в мягком грунте было применительно к щитам с гидропригрузом, однако их использование на EPBM нуждалось в обсуждении. После тщательного рассмотрения было установлено, что нужны машины ТБМ в основном с дисковыми шарошками, особенно в месте нахождения плоских забойных и калибровочных резцов, так как валуны разбиваются под действием режущего кольца дисковой шарошки и удаляются шнековым конвейером. Однако также были серьезные опасения засорения вращающихся частей жесткой глиной, которая



Рис. 7. Общее засорение поворотных и неподвижных частей жесткой глиной

ведет к высокому крутящему моменту для буровой проходки (рис. 7). Таким образом, центральная часть режущего ротора была оснащена стержневыми резцами для решения проблемы засорения липкой мягкой глиной. Как устроен режущий орган проходки, показано на рис. 8.

Иногда рекомендуется конфигурация комбинированных резцов, но в основном для геологии с большими валунами более применима режущая дисковая шарошка. Таким образом, все резцы были заменены дисковыми шарошками, поскольку содержание валунов увеличивалось по мере продолжения проходки. Большие валуны, встречающиеся в процессе тоннелестроения, а также изменения их состояния, показаны на рис. 9.

### Износ и повреждение режущего инструмента

При проходке 625 м FCBB количество замененных режущих дисковых шарошек достигло 146 за семь остановок на ремонтные работы. Большая часть количества замен резцов объясняется трещинами, поломками и неисправностями диска от процесса резания и только 28 из них – это число замен вследствие износа режущего диска (рис. 10 и табл. 2).

Если разбирать поврежденные резцы по местоположению, то 40 – число центральных резцов, 51 – забойных резцов и 55 – калибровочных резцов, каждый из которых был заменен. По сравнению с резцами центра и забоя, калибровочных резцов было заменено несколько больше, но отличия были незначительными. Как правило, большинство замен резцов должно осуществляться в области калибровки, поскольку расстояние резания калибровочной шарошки гораздо больше, чем у центральных или забойных шарошек. Но когда дело доходит до валунных отложений, большинство повреждений резцов носит форму поломок и трещин. Можно сделать вывод, что там может не быть ясна связь между расстоянием резания и ресурса резца в присутствии валунных включений, где число поврежденных резцов преобладает.

При тоннелестроении в мягком грунте вмещающая матрица грунта способна удерживать каменный кусок на месте таким образом, что она дает возможность раздробить валун во многих случаях, но иногда это не получается. В зависимости от таких случаев валуны подразделяются по воздействиям. Когда режущий диск обнаруживает валун в мат-



рице мягкого грунта, то диск будет вращаться как под влиянием скальной проходки. Когда стержневой резец сталкивает валун в матрице мягкого грунта, то валун влияет на вращение исполнительного органа проходки. Оба инструмента (дисковая шарошка и стержневой резец) могут действовать как молоток для разбивания камня. На самом деле, стержневой резец (риппер) как молоток, вероятно, действует лучше режущего диска шарошки, если он разрушает в большой плоскости забоя, только это чревато последствиями.

Проблемой является то, что режущая кромка стержневого резца не сможет взломать валуны высокой прочности более 20 МПа (по рекомендациям производителя ТБМ). Для того чтобы крепкий валун ломался и отделялся, применение режущей дисковой шарошки является неизбежным. К счастью, матрица грунта, окружающая валуны в FCBV, имеет очень густую и жесткую консистенцию и, как мы могли ожидать, грунтовая матрица способна к сопротивлению резанию. Использование дисковых шарошек в мягком грунте требует снижения подаваемой нагрузки на подшипники шарошки так, что шарошку можно легко повернуть вручную. В противном случае у матрицы мягкого грунта не будет достаточных сил трения для качения шарошки по грунтовой матрице.

Для тоннелестроения в валунах FCBV с помощью дисковых шарошек такое снижение подаваемой нагрузки не требовалось потому, что режущий диск без затруднений катился по разрушаемому валуну. В случае тоннелестроения в мягком грунте режущий диск работает как стержневой резец без вращения.

В процессе тоннелестроения в валунах FCBV команда проекта заметила, что разработанный грунт при ЕРВ повышает возможность грунтовых частиц скапливаться по боковым сторонам дисковых шарошек и на конструкциях исполнительного органа проходки, и это влечет за собой остановку вращения. Если дисковая шарошка не начинает вращаться при сходе с валуна, то износ будет носить плоскую форму. Поэтому использование дисковых шарошек было применено в тоннелировании из-за наличия крепких валунов. Однако в случае столкновения с валунами меньшей прочности, стержневые резцы (рипперы) могли бы быть более рекомендованным решением для тоннелестроения в мягком грунте, содержащем валуны.

### Свойства грунта

Кондиционирование грунта существенно сокращает износ резцов в абразивных валунах, а также содействует контролю давления в забое и сокращает крутящий момент режущего исполнительного органа. Общепринятое кондиционирование грунта использует инъекционный метод через форсунки, установленные на исполнительном органе проходки. Воздух, вода и пенообразователь являются основными материалами для конди-



Рис. 9. Вариации состояния валунов: а – скальный фрагмент в глине, б – валун во вмещающей глине, в – трещиноватый валун, г – массивный валун большого размера

ционирования. Пять инъекционных форсунок были расположены в режущем исполнительном органе, и любой тип требуемого реагента, включая пену, полимер, воду и т. д., может быть введен через эти форсунки.

Пена и вода являются общепринятым материалом для кондиционирования, но с использованием только пены и воды глинистые частицы матрицы стремятся немедленно создать агломерат, и будет наблюдаться обширная адгезия к металлическим поверхностям. Эксплуатируя ТБМ в этом режиме,

исполнительный режущий орган и рабочая камера легко могут быть подключены к системе кондиционирования. Использование небольших количеств полимера «Антиглина» вместе с пеной может уменьшить адгезию до минимального уровня.

Чтобы пройти через валуны FCBV, был применен показатель FIR (соотношение инъекционной пены к грунту) от 30 % с увеличением до 50 % для смазки резцов. Кондиционирование грунта проводилось пенным реагентом с концентрацией 2–4 %. Чтобы

Рис. 10. Виды повреждений режущего инструмента: а – кусок после шнекового транспортера, б – разрушенное режущее кольцо шарошки, в – износ по плоскости, г – выщербленное кольцо шарошки



Таблица 2

Список замен резцов при проходке в FCBB

| Работы по замене режущего инструмента | Bukit Panjang участок |               |               | EXPO участок  |              |               |               | Всего         |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
|                                       | 1 (по плану)          | 2 (вне плана) | 3 (вне плана) | 1 (вне плана) | 2 (по плану) | 3 (вне плана) | 4 (вне плана) |               |
| Расстояние от предыдущей замены       | 154,2 м               | 74,3 м        | 75,6 м        | 105,4 м       | 36,3 м       | 89,7 м        | 89,6 м        | 625,1 м       |
| Центр (#1–16)                         | 16<br>(2/14)          | 6<br>(4/2)    | 2<br>(0/2)    | 8<br>(0/8)    | 4<br>(0/4)   | 4<br>(0/4)    |               | 40<br>(6/34)  |
| Забойные замены (#17–32)              | 16<br>(3/13)          | 2<br>(1/D)    | 4<br>(0/4)    | 4<br>(1/3)    | 16<br>(7/9)  |               | 9<br>(0/9)    | 51<br>(12/39) |
| Калибровочные замены (#33–42)         | 10<br>(3/7)           | 4<br>(2/2)    | 9<br>(0/9)    | 5<br>(2/3)    | 10<br>(7/3)  | 7<br>(5/2)    | 10<br>(4/6)   | 55<br>(23/32) |
| Всего                                 | 42                    | 12            | 15            | 17            | 30           | 11            | 19            | 146           |

Количество замен шарошек всего (количество замен от износа/количество замен от поломки)

избегать заполнения камеры воздухом вместо вынимаемого грунта, был применен низкий (2–3) показатель FER (коэффициент расширения пены). Полимер «Антиглина» с 0,2–0,4-% концентрацией иногда применяется по решению оператора, но в этом случае надо наблюдать, не требуется ли дополнительная смазка.

### Предложения по эксплуатации ТБМ при тоннелировании в валунах

При мониторинге проходки EPB ТБМ очень важно контролировать рабочие параметры, а именно осевую нагрузку (кН) и крутящий момент ротора (кНм) по отношению к скорости продвижения (мм/мин) и толщине стружки (мм/об/мин); также важен контроль крутящего момента и вращения шнекового транспортера.

Чтобы убедиться, что они остаются в пределах указанного диапазона без резкого изменения и без перебоев, должны контролироваться параметры привода ротора. Также очень важно записать длину рабочих циклов и времени простоя машины. Измерения давления в камере экскавации должны приниматься с использованием датчиков, размещенных на разных высотах (нижней, средней и верхней) для наблюдения за устойчивостью забоя.

Есть две причины трудностей тоннелестроения с FCBB. Первая заключается в смешанной характеристике грунтов FCBB, которые содержат как твердый грунт, так и мягкую глину. И, во-вторых, никто не может предсказать точное расположение и существование валунов. Таким образом, эксплуатация ТБМ должна производиться с учетом этих неопределенностей. Можно подвести итоги следующими выводами.

1. Скорость продвижения должна поддерживаться в пределах менее чем 15 мм/мин во избежание повреждения резца при контакте с валуном, и по той же причине час-

тота вращения не должна превышать 1,5–2,0 об/мин.

2. Линия подачи пены и полимера всегда должна быть подключена к шнековому транспортеру для удаления остатков валунов, люк обслуживания также должен быть установлен в случае удаления валунов напрямую.

3. FCBB не могут сломать машину, но могут ее деформировать и вызвать заклинивание. Для предотвращения заклинивания машины и уменьшения трения, инъекции бенитона вокруг корпуса щита могут быть хорошим решением при его долгом простое.

4. Повреждения дополнительных и основных резцов могут быть вызваны в случае, если большой валун вращается вместе с режущим органом и должным образом не удаляется шнековым транспортером. Чтобы избежать этого, следует всегда проверять шум в камере экскавации и поддерживать датчики износа в хорошем состоянии. При необходимости для предотвращения поломки резцов стоит на регулярной основе проводить визуальный осмотр через режущий ротор.

5. Из-за неопределенности валунного слоя есть вероятность, что может потребоваться более существенное вмешательство, не предусмотренное на стадии проектирования. Стоимость и задержки этих незапланированных мероприятий следует оценить и включить в план строительства на стадии проектирования. Так, во время проходки в Восточном тоннеле имели место незапланированных работ, время которых составило до 16 % от общего времени тоннелестроения.

### Заключение

Можно отметить, что FCBB, представленные в этой статье, представляют собой трудную геологию для тоннелестроения. Средняя скорость тоннелестроения в этой геологии составляла примерно 2,7 м/день (около 2 колец/день) согласно дневнику

строительства Кольцевой линии (Осборн и др., 2008). В этом проекте было применено несколько модификаций машины, учитывающих валунную геологию на стадии ее производства: интервал между колосниками на роторе, диаметр и угол наклона шнека транспортера и т. д. Были также применены меры для предотвращения износа режущего инструмента. Дисковая шарошка рекомендуется для проходки через валуны высокой прочности, стержневой резец же является хорошим решением для валунов меньшей прочности. Для предотвращения периодических поломок режущего инструмента необходимо надлежащее кондиционирование грунта и регулярный осмотр самого режущего органа. С учетом этого, в проекте была достигнута скорость проходки 4,9 м/день (около 3,5 колец/день). Конструкция машины и предложения по эксплуатации, описанные в данной статье, не могут применяться в других проектах один к одному, но надеемся, что они могут служить рекомендациями для будущего проекта ТБМ в условиях валунного грунта.

### Ключевые слова

Тоннелестроение в валунных отложениях, проектирование и эксплуатация ТБМ с грунтопригрузом, характеристики износа резцов.

*Tunnelling in boulder condition, EPBM design and operation, Cutter wear characteristics.*

### Список литературы

1. Kim, Uk Young. *EPBM design and operation in boulder conditions // 6th International Symposium on Tunnels and Underground Structures in SEE 2016 «Urban Underground Structures in Karst»*. – Radisson Blu Resort, Split, Croatia. March 16–18, 2016. – P. 114–121.

### Для связи с автором

Ук Юнг Ким  
uykim@gsconst.co.kr

