

# ИТОГИ СООРУЖЕНИЯ ДВУХПУТНОГО ТОННЕЛЯ НЕВСКО-ВАСИЛЕОСТРОВСКОЙ ЛИНИИ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

## FINAL RESULTS OF TWO-LANE TUNNEL CONSTRUCTION FOR NEVSKO-VASILEOSTROVSKAYA LINE IN ST. PETERSBURG METROPOLITAN

**Н. В. Александров**, генеральный директор ОАО «Метрострой»

**А. Ю. Старков**, заместитель генерального директора – главный инженер ОАО «Метрострой»

**N. V. Aleksandrov**, Director General, OAO Metrostroy

**A. Y. Starkov**, Deputy Director General, Chief Engineer, OAO Metrostroy



В данной статье проводится анализ строительства двухпутного перегонного тоннеля Петербургского метрополитена с применением тоннелепроходческого механизированного комплекса.

*This article analyses a two-lane tunnel construction for St. Petersburg metropolitan with the appliance of mechanized TBM.*

Победа России в отборе на проведение Чемпионата мира по футболу 2018 г. потребовала усовершенствования транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга, в том числе транспортных узлов, дорог, мостов и тоннелей. Среди новых строительных объектов значится участок Невско-Василеостровской линии (НВЛ) метрополитена протяженностью 6,155 км, который включает в себя:

- две станции мелкого заложения: «Новокрестовская» и «Беговая»;

- перегонный двухпутный тоннель диаметром 10,3 м и протяженностью 5,2 км;
- стартовый котлован с галереей;
- демонтажную камеру для ТПМК;
- два однопутных тоннеля общей протяженностью 0,955 км.

Геологические условия по трассе тоннеля представлены грунтами четвертичных отложений и залежами кембрийской глины с прослойками песчаника. Трасса в двух местах проходит под акваторией Финского залива. 1/4 трассы двухпутного тоннеля идет в толще кембрий-

ских глин с включениями песчаника. Кембрийские глины являются плотными, почти сухими, плохо размокают в воде, слабо разбухают, имеют полутвердую консистенцию, однородны и выдержаны по мощности и по простиранию.

Толща четвертичных отложений, где проходит  $\frac{3}{4}$  (3,9 км) трассы тоннеля характеризуется обводненностью, наличием валунных зон, также по трассе тоннеля встречается русло древней реки. Данные условия являются неблагоприятными для ведения горнопроходческих работ, и при разработке грунта с



**ТПМК вышел на станции «Новокрестовская»**

**Протаскивание ТПКМ через станцию «Новокрестовская»**

помощью традиционных методов потребовали бы дополнительных мероприятий по укреплению грунтового массива. Применение ТПКМ с грунтовым пригрузом забоя позволило избежать этих дорогостоящих операций.

Сложные геологические условия строительства двухпутного тоннеля НВЛ потребовали строгого соблюдения следующих технологических параметров проходки:

- скоростных режимов разработки грунта;
- давления пригруза забоя;
- кондиционирования грунта;
- нагнетания тампонажного раствора.

Для контроля выполнения данных условий и своевременной реакции при негативных тенденциях параллельно с проходкой двухпутного тоннеля силами ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» выполнялся геотехнический мониторинг, включающий в себя:

- наблюдения за деформациями земной поверхности;
- наблюдения за деформациями зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строительства тоннеля;
- наблюдения за деформациями отделки диаметром 10,3 м;
- мониторинг качества заполнения заобделочного пространства тампонажным раствором;
- прогноз инженерно-геологических и гидрогеологических условий впереди забоя.

Одной из проблем, возникших во время строительства двухпутного тоннеля НВЛ, стала транспортировка разработанного грунта на полигоны для его дальнейшей утилизации.

В соответствии с законодательством РФ летом 2015 г. было введено ограничение осевой нагрузки транспортных перевозок. Данные ограничения привели к существенной недогрузке кузовов автомобилей, участвовавших в транспортировке грунта на полигоны, что потребовало увеличения количества самосвалов для своевременного вывоза разработанного грунта со строительных площадок.

Также в период проведения футбольных матчей на Кубок Конфедераций и матчей ФК «Зенит» было неоднократно закрыто движение грузового транспорта по территории Крестовского острова, что также останавливало транспортировку разработанного грунта, а, следовательно,

и проходческие работы. Ориентировочное время простоя за данный период составило один месяц. В целях уменьшения времени простоя ТПКМ было принято решение об организации дополнительной площадки для временного складирования разработанного грунта.

Во время преодоления ТПКМ зон обводненных грунтов возникали сложности с транспортировкой и приемкой на полигоны грунта жидкой консистенции. В результате применялись дополнительные меры по просушке жидкого грунта и его последующей транспортировке на полигоны.

Двухпутный тоннель имеет ряд преимуществ перед традиционной технологией строительства двух самостоятельных однопутных тоннелей:

- экономия времени сооружения тоннеля;
- исключение строительства перекрестных съездов, эвакуационных сбоек и других необходимых выработок;
- удобство размещения вентиляционного и электрического оборудования в тоннеле;
- снижение стоимости строительства.

Сооружение 1 п. м двухпутного тоннеля обходится дешевле в среднем на 20 % по сравнению с сооружением 1 п. м двух однопутных тоннелей по следующим причинам:

- отсутствие необходимости в строительстве вспомогательных дорогостоящих выработок;

• сокращение сроков строительства, а, следовательно, сокращение затрат на финансирование обслуживающих процессов;

• необходимость в меньшем количестве коммуникаций, обеспечивающих эксплуатацию тоннеля (электроснабжение, водоснабжение).

### **Технологическая схема строительства двухпутного тоннеля НВЛ**

Заданный срок строительства участка НВЛ составил 2,5 года (по проекту – 4,5 года).

В связи с крайне сжатыми сроками строительства ОАО «Метрострой» был разработан план оптимизации технологического процесса сооружения двухпутного тоннеля. Сокращение сроков строительства, согласно данным решениям, осуществлялось за счет параллельного выполнения работ по проходке тоннеля, сооружению вентиляционного перекрытия, жесткого основания и устройству верхнего строения пути.

На подготовительном этапе были выполнены следующие работы:

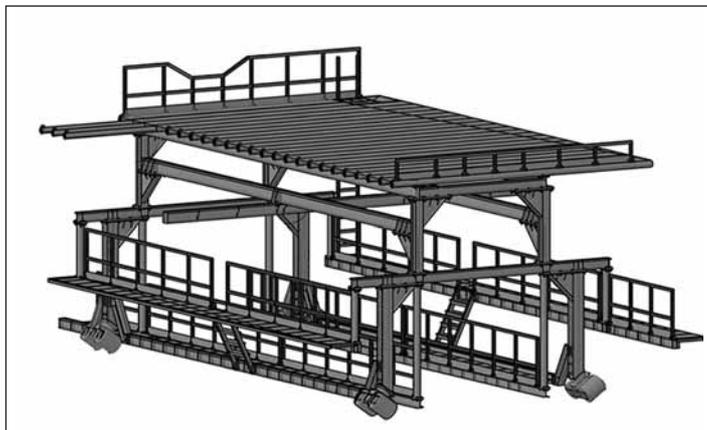
- сооружение стартового котлована;
- сооружение галереи для монтажа ТПКМ;
- монтаж ТПКМ и периферийного оборудования.

Рассмотрим подробно технологическую схему сооружения самого тоннеля.

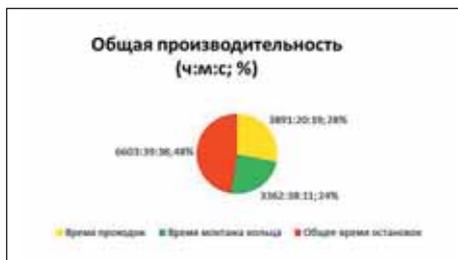
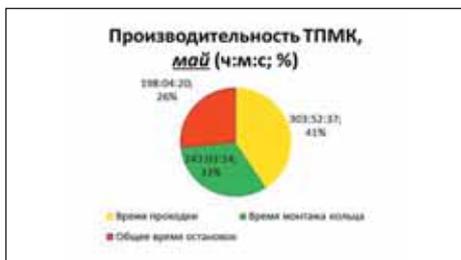
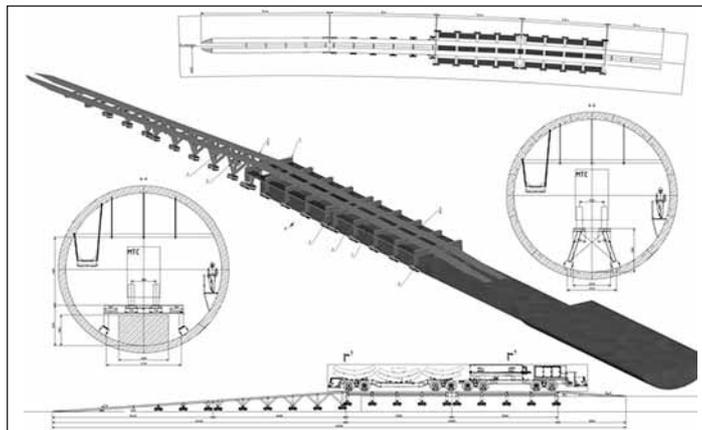
I этап – проходка тоннеля:

**Сбойка, 25 августа 2017 г.**





Технологическая тележка



- разработка грунта режущим органом;
- параллельно с разработкой грунта осуществлялось нагнетание тампонажного раствора в заобделочное пространство;

- монтаж обделки;

- наращивание коммуникаций.

II этап – монтаж опалубки перекрытия вентиляционного канала. Выполнялся с помощью специально разработанной технологической тележки № 4, которая находилась на жёсткой сцепке с ТПМК, не мешала движению мультисервисного транспортного средства (МТС) для обслуживания ТПМК. Также с технологической тележки № 4 производилось наращивание и складирование коммуникаций для ТПМК на проектной отметке.

III этап – укладка бетона в перекрытие вентиляционного канала. Производилась при помощи бетононасоса через технологические отверстия.

IV этап – укладка бетона в боковые уступы жесткого основания, так называемые треугольники. При этом движение мультисервисного транспортного средства (МТС) для обслуживания ТПМК сохранялось.

V этап – укладка бетона в центральную часть жёсткого основания. Осуществлялась со специально разработанной технологической тележки № 5, представляющей собой мобильную площадку с двумя пандусами, которая двигалась отставанием от сооружения уступов жёсткого основания и не мешала движению МТС.

VI этап – устройство путевого хозяйства первой очереди:

- укладка путевого бетона;
- устройство верхнего строения пути.

Также для оптимизации технологического процесса сооружения двухпутного тоннеля были реализованы следующие мероприятия.

1. Проход ТПМК через сооруженную в основных конструкциях станцию «Новокрестовская» путем передвижения по бетонному ложу, отталкиваясь домкратами от двух полублоков. Во время движения ТПМК через станцию параллельно осуществлялся ремонт ТПМК в условиях открытого доступа.

2. После прохода ТПМК через станцию «Новокрестовская» перенесено периферийное оборудование ТПМК (зона погрузки-разгрузки и хранения блоков обделки, конвейерное хозяйство со складом грунта, электрическое оборудование и т. д.), со строительной площадки стартового котлована на строительную площадку станции «Новокрестовская» для уменьшения времени логистики операций снабжения проходческих работ.

3. Устройство закладных деталей для крепления вентперекрытия в блоках обделки двухпутного тоннеля в процессе их изготовления на заводе.

25.08.2017 г. между двухпутным участком тоннеля и демонтажной камерой была произведена сбойка.

Рассмотрим основные показатели сооружения двухпутного тоннеля:

- продолжительность сооружения – 20,5 месяцев;
- время в проходке (разработка грунта + монтаж обделки) – 17 месяцев;
- запланированные технологические остановки (105 дней):
  - осмотр и ремонт режущего органа, выход в кессон – 13 остановок,
  - монтаж бустера ленточного конвейера – 5 остановок,
  - наращивание ленты конвейера ТПМК – 25 остановок,

- наращивание электрического кабеля ТПМК – 21 остановка;

- эксплуатационная скорость – 247 м/мес, 137 колец/месяц;

- среднесуточная скорость – 10,2 м/сут, 5,7 колец/сут. Лучший месяц в проходке – май 2017 г. (417,6 м, 232 кольца);

- уложено бетона в жесткое основание – 43477 м<sup>3</sup>;

- уложено бетона в вентиляционное перекрытие – 6877 м<sup>3</sup>;

- уложено бетона в верхнее строение пути – 5318 м<sup>3</sup>.

## Выводы

В настоящее время в Санкт-Петербурге пройдено два двухпутных тоннеля диаметром 10,3 м общей протяженностью 8,9 км (3,7 км на участке Фрунзенско-Приморской линии, 5,2 км на участке Невско-Василеостровской линии). Применение ТПМК для проходки тоннелей мелкого заложения большого диаметра в условиях обводненного грунта с наличием большого скопления валунов позволило сократить стоимость и сроки строительства объекта, автоматизировать операции, выполняемые по традиции вручную.

Петербургские метростроители усовершенствовали технологическую схему сооружения двухпутного тоннеля за счет внедрения в основной проходческий процесс дополнительных механизмов, что позволило большую часть бетонных работ производить параллельно с проходкой. Данная технологическая схема сооружения двухпутного тоннеля защищена патентом РФ.

## Ключевые слова

Двухпутный тоннель, Чемпионат мира по футболу 2018, Петербургский Метрострой Two-lane tunnel, FIFA 2018, St. Petersburg Metrostroy.

## Для связи с авторами

Александров Николай Вадимович  
mail@metrostroy-spb.ru  
Старков Алексей Юрьевич  
mail@metrostroy-spb.ru



\*также имели место вынужденные остановки проходческих работ ввиду проведения Кубка Конфедераций 2017 и матчей ФК «Зенит»