

## НИАГАРСКИЙ ТОННЕЛЬ

*Студ. Барсук Н.Д., к.т.н., проф. Лысыков Б.А., Донецкий национальный технический университет, г. Донецк*

Значительное событие в мире бестраншейных технологий произошло в Канаде. Под всемирно известным Ниагарским водопадом был прорыт гигантский тоннель длиной 10,2 км. и диаметром 14 метров. Источник отмечает, что тоннель под Ниагарским водопадом в полтора раза шире, чем тоннель под Ла-Маншем, соединяющий Великобританию с материковой Европой (8,6 м).

Бурение было начато в 2006 году в рамках крупнейшего в мире проекта по созданию источника возобновляемой энергии. Работы велись на глубине около 40 метров. Крупнейшая в мире буровая машина по прокладке тоннелей в твёрдом грунте и скальных породах "Большая Бекки" произвела около 1,6 млн. кубических метров отработанного материала. Сама машина весит около 4 тыс. тонн.

Компания «Ontario Power Generation» присудила контракт австрийскому подрядчику «Strabag AG», который выбрал для проходки тоннеля ТБМ открытого типа Компании Роббинс. Диаметр машины 14,4 м. С помощью защитного комплекса длиной 105 м и ленточного конвейера за три года было выдано из тоннеля 1,7 миллиона кубических метров породы.[1]

Трасса тоннеля проходит преимущественно в квинстонских сланцах с включениями участков, представленных известняками, доломитами, песчаниками и алевролитами прочностью на одноосное сжатие до 200 МПа. Известно, что породы, вмещающие тоннель, имеют большое внутреннее напряжение и склонны к пучению. Первичной крепью тоннеля служила стальная сетка, стальные арки, анкера и набрызг-бетон, которые устанавливались по мере продвижения машины. Далее за машиной возводилась монолитная бетонная обделка. Она будет включать гидроизоляционную мембрану, предотвращающую попадание воды из тоннеля в заобделочное пространство и последующее пучение.

ТБМ с главной балкой, или, по-другому, открытая ТБМ, самая большая в мире скальная ТБМ, была смонтирована на стройплощадке без контрольной сборки на заводе. Это заняло меньше 12 месяцев, опережая плотный график поставки. Монтаж такой большой машины без контрольной сборки на заводе и испытаний перед отгрузкой считается беспрецедентным случаем. ТБМ начала бурение в сентябре 2006 года.



**Рис. 1** - Установка ТБМ фирмы Robbins с ласковым названием «Big Becky»[2]

Эта машина стала также первой, где применялись 20-дюймовые шарошки с задней загрузкой. Такие шарошки имеют увеличенный срок службы, их применение позволяет сократить количество замен шарошек на режущей головке. На режущую головку машины могут устанавливаться как 19-, так и 20-дюймовые шарошки. Машина имеет усилие главной подачи 18462 кН и максимальный момент вращения режущей головки 18670000 Нм(1903.8Тс\*м).[1] Туннель выходит чуть выше знаменитого водопада. Предназначено сооружение для отвода воды из реки и подачи её на турбины электростанции Sir Adam Beck. Работы велись на глубине около 40 -100 метров. Всего в строительстве туннеля принимало участие более 500 человек[2].

## **ПРОХОДКА ТОННЕЛЯ, ТРУДНОСТИ И МИРОВЫЕ РЕКОРДЫ**

Пробуриив 793 м туннеля, ТБМ вошла в квинстонские сланцы, где большие блоки породы начали вываливаться из свода туннеля до установки временной крепи. В некоторых случаях отмечались обрушения кровли туннеля над режущей головкой на высоту до 3 м.

В конце концов Strabag справился с трудными геологическими условиями, разработав уникальную опережающую крепь из труб длиной 9. Трубы устанавливались в своде туннеля, образуя своеобразный «зонтик». С помощью такой новой технологии удалось уменьшить переборы в кровле туннеля до примерно 0,9 м. Применяя этот метод, удалось пройти трудный участок длиной примерно 500 м со средней скоростью 3 метра в день.

Согласно новому паспорту временной крепи, устанавливаются анкерная крепь с анкерами длиной от 3 до 4 м, самонарезающиеся анкеры (ИВО), стальная затяжка, стальная проволока и набрызг-бетон со стальной фиброй. Обычно бригада проходит половину заходки, затем обирает кровлю и устанавливает анкера. По выполнению полной заходки в 1,8 м, производится окончательная оборка кровли, устанавливается остаток анкерных болтов, стальная сетка, стальная затяжка и наносится набрызг-бетон.

OPG и подрядчик также изменили вертикальный профиль туннеля, подняв его на 46 м, чтобы уйти из квинстонских сланцев. После 1981 м такой проходки, породный массив стал достаточно устойчивым и от дальнейшего применения опережающей крепи отказались.

Преодолев этот сложный участок, машина достигла мирового рекорда месячной проходки для ТБМ диаметром 11 и более метров. В июле 2009 года ТБМ пробурила 468 метров туннеля и продвинулась за неделю на 153 метра, преодолев значительные сложности, вызванные неблагоприятной геологией.

День 13 мая 2011 года стал днём окончания проходки. На хорошо организованной церемонии праздновали финальную сбойку открытой ТБМ Роббинс диаметром 14,4 м. 1 марта 2011 машина начала свой путь, зайдя в 300-метровый порталый участок туннеля, предварительно пройденный в набрызг-бетонной крепи.

Хотя проходческие работы были завершены, оставалось два года работы над проектом. Приблизительно 30% окончательной отделки было выполнено в течение проходки, а две трети работы ещё оставалось сделать. Туннель с диаметром в свету 12,8 м имеет по всей длине отделку из монолитного бетона толщиной 600 мм, покрытого для предотвращения утечек полиолефиновой мембраной.[1]

Затраты на прокладку туннеля оказались в два раза выше предполагаемых, но несмотря на это власти остались довольны результатом. Д. Макгинти отметил, что дороговизна проекта в данном случае не имеет особого значения, поскольку туннель рассчитан на 100 лет работы и обеспечит электроэнергией 160 тыс. домов. [2] Ежесекундно ГЭС благодаря туннелю будет получать на 500 кубических метров воды больше, чем ранее.

## **Библиографический список**

1. Ниагарский туннель - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.the Robbins Company.com/ru/case-study/the-niagara-tunnel-project/>
2. Как "подкопали" Ниагарский водопад - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--90acg2babefdpn.xn1ai/%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8/%D0%B2%D1%81%D0%B5/2014>

[/8/18/%D0%BA%D0%B0%D0%BA%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%B4/](#)

3. Ниагарский водопад - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://movetocanada.ru/posts/4099>

4. Новый тоннель под Ниагарским водопадом поможет разрешить энергетические проблемы Онтарио (Канада) - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rustunnel.ru/news/8548.html>