

СРАВНЕНИЕ ТПМК «НАДЕЖДА», «ВИКТОРИЯ» И «ЭЛИЗАБЕТ». ПРОЕКТ СВАРТИСЕН

Ольховка Вадим Валерьевич, студент 5-го курса

кафедры «Мосты и тоннели»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)

Гидроэлектрический проект Свартисен:

Рассмотрим данный проект как пример механизированной проходки, перед тем как приступить непосредственно к сравнению. Общая информация о проекте: примерно 99 % от всего объема электроэнергии в Норвегии производится на гидроэлектростанциях, что делает эту область энергетики ключевой частью инфраструктуры страны. Использование Норвегией гидроэнергетики началось еще в 1877 году, когда был завершен первый гидротехнический проект. К 1990 году в Норвегии было построено более 170 подземных гидротехнических сооружений, включавших в себя около 3500 км тоннелей по всей стране. Владелец-подрядчик Statkraft строит и эксплуатирует все центральные государственные гидроэлектростанции. Эти гидроэлектростанции, в свою очередь, производят 28% электроэнергии от общего объема ежегодной гидроэнергетики в Норвегии. Проект Свартисен, который также принадлежит компании Statkraft, состоит из 46 шахт, которые соединены с 40-километровыми тоннелями диаметром от 3,5 м до 5 м. Эти тоннели предназначены для сбора и транспортировки воды из ледниковых образований в горах Траллбергейт. Собранная вода транспортируется до водохранилища Сторгломватнет. Оттуда, через тоннель длиной 7 км, вода подается к силовой установке в Килвике. Установка располагается на уровне моря. Помимо этого, имеются еще два водосточных тоннеля. Они предназначены для сбора остатков воды из входов в основные тоннели. Эти тоннели располагаются на склоне холма. В 1988 году компания Statkraft заключила контракт с компанией Robbins на поставку пяти проходческих машин. Эти машины должны были проложить 57 км тоннеля для нового проекта Свартисен. Этот объем составил 62 процента тоннелей от общего числа необходимых сооружений для проекта. Две из поставленных машин оказались ветераны ТВМ, 8,5 м и 3,5 м в диаметре. Объем работ выполненный этими машинами составил 7,3 км и 15,4 км тоннеля. Также для проекта были поставлены три новых ТВВ Robbins High Performance (HP). Новые машины были способны выдерживать высокие нагрузки: до 312 кН на 48 – сантиметровой резак. Также к их преимуществам относятся более высокие проходческие показатели.



Рисунок 1 – TBB Robbins High Performance

Геология в районах строительства состояла из: слюдяных сланцев и слюдяных гнейсов (80%); гранит и гранитный гнейс (13%); известняк и мрамор (7%). Слои известняка имели диапазон от нескольких сантиметров до более чем ста метров. Прочность на сжатие геологических формаций составляла диапазон от 100 МПа до более чем 300 МПа. Кроме этого, из-за неравномерных топографических условий нагрузки на массив горных пород были весьма разнообразны на разных участках проходки. Но в целом, в более чем 85 процентах случаев твердые породы сохраняли стабильные условия.

Все три новые машины HP были оснащены дисковыми резаками диаметром 48.3 см, разработанными компанией Robbins для проекта Свартисен. Помимо этого, машины были выполнены более прочными, чем стандартные ТВМ, и имели триосиальные основные подшипники. Это позволяло выдерживать более высокие нагрузки. Две машины диаметром 4,3 м весили по 262 тонны каждая. Они снабжались режущими головками мощностью 2,345 кВт, позволявшие каждой из машин достигать 9 048 кН тяги. Для одной из машин был поставлен комплект для преобразования. Этот комплект позволял машине увеличить ее диаметр до 5 м, за счет добавления шести резаков. Общая масса машины с комплектом составляла 290 тонн. Третья машина HP массой 180 тонн имела диаметр 3,5 м. Мощность режущих головок данной машины составила 1340 кВт на каждую головку, что давало ей 7 800 кН тяги. В дополнение к более высоким уровням проникновения в грунт и повышенной скорости проходки, новое поколение ТВМ позволило продуктивно использовать экипаж. Каждая машина была объединена с резервной системой дистанционного управления и телевизионными камерами. Экипаж машин состоял из четырех человек: один человек для управления машиной и загрузки железнодорожных вагонов, оператор локомотива, электрик и механик, чтобы обслуживать рельса, кабеля, вентиляционную систему, гидравлические системы и т.д.

Все три новые машины показали очень впечатляющих результаты по скорости проходки. Первая машина диаметром 4,3м проложила 6021м тоннеля за время с сентября 1989 года и по октябрь 1990 года. Ее скорость при этом в среднем составила 3,8 м/час. В режиме с использованием комплекта для увеличения диаметра до 5 м скорость в среднем составила 2,74 м/час. Вторая машина диаметром 4,3 м прошла 11861 м тоннеля за время с сентября 1989 года по апрель 1991 года. Ее скорость составила в среднем 3,5 м/час. Третья машина начала работать в июле 1990 года. В мае 1991 года, пройдя около 4700 м, в забое начали проявляться заводненные участки грунта. Этот фактор зачительно замедлял работу около 4 месяцев. Однако, несмотря на плохие условия, машина по-прежнему имела среднюю скорость около 3,7 м/час.



Рисунок 2 – забой щита

Сравнение ТПК «Надежда», «Виктория», «Элизабет»:
ТПК «Надежда» (Московский метрополитен)
Диаметр – 10,6 м. Длина – 70 м. Масса – 1600 т.



Рисунок 3 – ТПК «Надежда»

ТПК «Виктория» (Московский метрополитен)
Диаметр – 10,6 м. Длина – 95 м. Масса – 1800 т.



Рисунок 4 – ТПК «Виктория»

ТПК «Элизабет» (лондонского железнодорожного проекта Crossrail)

Диаметр – 7,1 м. Длина – 150 м. Масса – 1000 т.



Рисунок 5 – ТПК «Элизабет»

Представленные щиты имеют конструкцию проходческих щитовых комплексов с грунтопригрузом. Что делает их одинаково эффективными на мягких, связных грунтах. Также данная конструкция позволяет щитам быть довольно универсальными для других грунтов за счет кондиционирования грунта.

Кондиционирования грунта - изменение пластичности, текстуры и водопроницаемости почвы путем введения различных материалов кондиционирования, таких как вода, бетонит или пена. Из всего перечисленного следует что представленные щиты при идентичных геологических условиях будут показывать приблизительно одинаковую эффективность.

Экономическая выгода. Цена: «Надежда» – 23 млн. евро, «Виктория» – 20 млн. евро, «Элизабет» – 12 млн. евро. Но стоит также учитывать, что ТПК «Надежда» и «Виктория» имеют диаметр более 10 метров, что позволяет прокладывать двухпутный тоннель. Что, в свою очередь, предоставляет ряд экономических выгод. К примеру, уменьшение количества работников. Тогда как «Элизабет» способна прокладывать лишь однопутный тоннель. И это приводит нас к выводу, что ТПК «Элизабет» в экономическом плане проигрывает своим оппонентам.

Что же касается скорости проходки и объемы вынимаемого грунта: «Надежда» $\approx 15\text{м/сут}$; $5300\text{ М}^3/\text{сут.}$, «Виктория» $\approx 12\text{м/сут}$; $4200\text{ М}^3/\text{сут.}$ «Элизабет» $\approx 24\text{м/сут}$; $3800\text{ М}^3/\text{сут.}$ Но стоит учитывать тот факт, что «Элизабет» прокладывает однопутный тоннель, а «Надежда» и «Виктория» двухпутный. Что при одинаковых параметрах поставленных задач практически уравнивает скорость проходки.

Перед тем как сделать выводы приведем все данные в таблицу:

Таблица 1 – характеристики представленных ТПМК

Характеристики	Надежда	Виктория	Элизабет
Диаметр	10,6 м	10,6 м	7,1 м
Цена	23 млн. евро	20 млн. евро	12 млн. евро
Скорость проходки	15 м/сут	12 м/сут	24 м/сут
Объем вынимаемого грунта	$5300\text{ М}^3/\text{сут}$	$4200\text{ М}^3/\text{сут}$	$3800\text{ М}^3/\text{сут}$
Длина	70 м	95 м	150 м

Вывод:

При выборе горнопроходческих щитовых комплексов следует в первую очередь учитывать геологические особенности разрабатываемого участка. После чего учесть экономические факторы.

Из сравнения представленных щитов можно сделать вывод: щиты с малым диаметром уступают щитам с большим диаметром в экономическом плане и в производственном.

Литература:

1. Featured project - URL: <http://www.therobbinscompany.com/projects/svartisen-hydroelectric-project/>.
2. Данные о скорости проходки - URL: <http://tass.ru/moskva/3907026>.
3. Данные о ТПМК «Элизабет» - URL: <https://masterok.livejournal.com/2406703.html>.
4. Данные о ТПМК «Виктория» - URL: <http://darkcjc.livejournal.com/408982.html>.
5. Данные о ТПМК «Надежда» - URL: <https://topspb.tv/news/2017/01/19/put-nadezhdy-tonnel-soedinil-begovuyu-i-novokrestovskuyu/>.
6. Данные о стоимости - URL: <http://www.metrostroy.com/>
7. Общие данные о ТПМК - URL: <http://mirmetro.net/>