© О.В. Телегина, 2014

УДК 622.232

О.В. Телегина

НЕОБХОДИМОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ (ТПМК) ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ТОННЕЛЕЙ

Рассмотрена возможность модернизации исполнительных органов тоннелепроходческих комплексов.

Ключевые слова: исполнительный орган, проходческий комплекс, тоннель.

В настоящее время отмечается значительный прогресс в технологии щитовой проходки, успешно конкурирующей с механическим и буро-взрывным методами сооружения тоннелей. Заметный шаг в этом направлении был сделан в последние два десятилетия в связи с появлением новых типов проходческих щитов. Новые тоннелепроходческие механизированные комплексы с роторным рабочим органом заметно расширили область применения щитовой техники, в том числе при строительстве в сложных инженерно-геологических условиях. Расширению положительных качеств щитовой проходки способствовали такие преимущества, как возможность сооружения в смешанных грунтах без изменения общей технологии строительства, непрерывный высокопроизводительный цикл работ, высокий уровень автоматизации, сведение к минимуму воздействия на окружающую среду, безопасность строительства. Этот способ работ, основанный на механическом разрушении горных пород, как правило, роторным рабочим органом проходческого агрегата, стал во многих случаях предпочтительнее по многим показателям, но проигрывает, т.к. при сложных геологических условиях снижается скорость проходки. Этот недостаток проявляется при сложных формах тоннельного объекта.

Изготавливаемые щитовые комплексы имеют в основном круглую форму поперечного сечения с роторным рабочим органом (планшайбой).

Ведущие мировые фирмы (LOVAT, Herrenknecht, Mitsubishi и др.) выпускают щитовые комплексы для различных горно-геологических условий с гидро или породным пригрузом забоя.

Щитовой комплекс круглого поперечного сечения наибольшим диаметром 14,2 м изготовлен немецкой фирмой Herrenknecht с гидро пригрузом забоя для сооружения автодорожных тоннелей круглого поперечного сечения площадью 158,28 кв.м. Тоннелепроходческий механизированный комплекс использовался при сооружении 2-уровневого авто-метро тоннеля протяженностью 3250 м под Серебряным Бором. Метро проходит на нижнем уровне под плитой проезжей части, а автомобильная дорога на верхнем. Она имеет три полосы, две шириной 3,5 м. Высота этой части тоннеля 4,5 м. Третья – крайняя левая полоса, рассчитанная на движение легковых автомобилей. Ее ширина составляет 3,25 м, высота тоннеля – 4,1 м.

Тоннелепроходческий щит также успешно использовался при строительстве автодорожного тоннеля под Яузой и Лефортовским парком по трассе Третьего транспортного кольца.

Однако в круглом автомобильном тоннеле с круглым поперечным сечением его площадь используется нерационально, т.к. возможно разместить только три усеченных по высоте полосы движения транспортных средств.

В соответствии с существующими нормативами ширина дорожной полосы в автодорожных тоннелях должна быть равна 4 м, а высотный габарит – 5 м.

По этой причине оптимальным поперечным сечением автодорожного тоннеля для многополосного движения транспортных средств выполненное сечение должно быть вытянутым вдоль горизонтальной оси. Учитывая это, этой же фирмой ведутся работы по проектированию и изготовлению щитового комплекса диаметром 17,5 м, площадь сечения сооружаемой выработки этим щитовым комплексом составит 240,72 м.

С этой целью японские фирмы выпускают щитовые комплексы с двумя или тремя планшайбами. При сооружении тоннелей этими щитовыми комплексами получаются сечения вытянутые вдоль горизонтальной оси в виде пересекающихся двух или трех окружностей. Поэтому в этих местах пересечения окружностей приходится ставить колонны для поддержания обделки «соседних» тоннелей, что усложняет технологию проходки, снижает скорость и повышает стоимость строительства. Кроме того, колонны перекрывают свободное сечение тоннеля, поэтому такая форма поперечного сечения нерациональна для автодорожного тоннеля.

В практике тоннелестроения известны случаи использования щитов с пригрузом забоя для сооружения крупноразмерных выработок сложного сечения. Так при проходке Ариакского многоцелевого тоннеля в Токио сечением 124,3 м^2 использовали щит с грунтовым пригрузом забоя и двойным роторным рабочим органом.

Тоннель, предназначенный для транзитного сообщения из центра города к обособленному центру одного из районов на берегу Токийского залива, проходился щитом, имеющим конфигурацию двух пересекающихся окружностей размером по высоте 9,38 м, что позволило иметь размер тоннеля в черне по ширине 15,86 м.

Щитовой агрегат включает в себя наружную оболочку, два режущих органа, находящихся на одной прямой в плане и соединенных друг с другом подобно зубчатой передаче. Разрабатываемая поверхность забоя эквивалентна кольцевому щиту диаметром 12,58 м.

Безусловно, новым, обеспечивающим наилучшую статическую работу конструкций и, по-видимому, весьма эффективным с позиций трудозатрат и сроков строительства можно считать техническое решение, реализованное японскими метростроителями в городах Токио и Осака. Основой этого решения является применение для строительства трехсводчатых станций метрополитена гидрощита с тройным рабочим органом (мультиорганом).

Впервые такой щит был применен на строительстве пересадочной станции «Lidabashi» метрополитена Токио. По предварительной оценке специалистов, которая подтвердилась впоследствии, этот щит обеспечивает безопасную и уверенную работу на кривых минимальным радиусом 125 м.

Метод строительства с использованием щитовой машины с бентонитовым пригрузом и тройным роторным рабочим органом является новым строительным методом сооружения подземной станционной конструкции, заключающимся в одновременной разработке породы и укладке на всю ширину и высоту поперечного сечения в форме трех пересекающихся окружностей.

Щитовой агрегат имеет три перекрывающих друг друга (пересекаю-

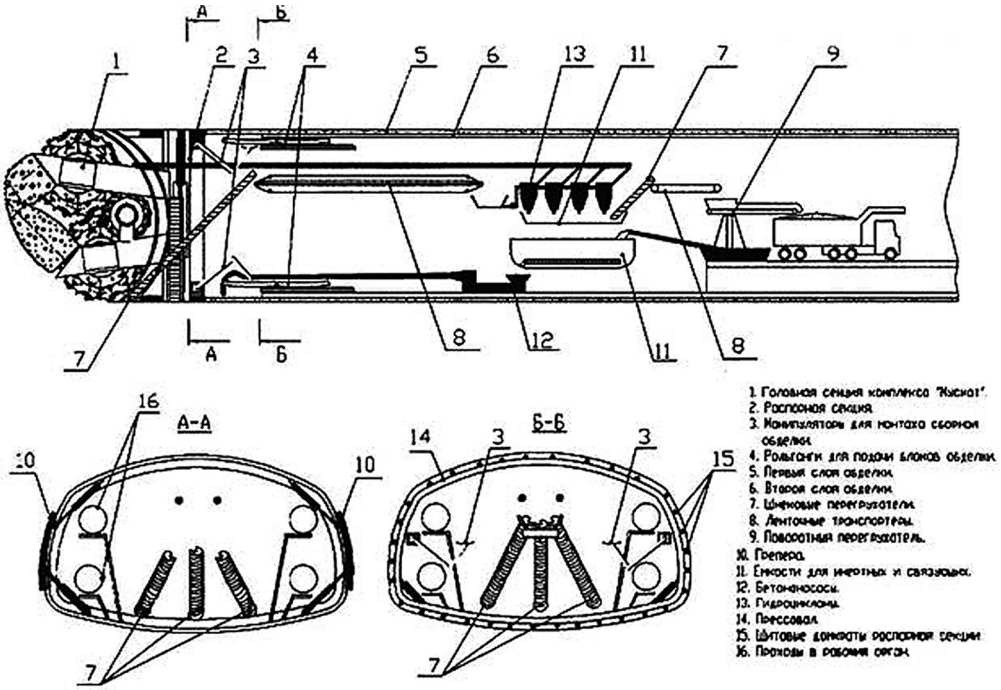
щихся) роторных рабочих органа. Центральный ротор расположен впереди двух боковых органов.

Наружный диаметр разработки для центрального ротора равен 8,846 м и 8,14 м – для боковых роторов при общей ширине разработки 17,44 м. Призабойная камера – общая для трех роторов.

Исполнительный орган проходческого щита включает фронтальный и два боковых рабочих органа, выполненных в виде трех планшайб с породоразрушающими инструментами на внешней поверхности. Приводы, жестко соединенные с осями каждого рабочего органа, и механизмом перемещения. Сооружение тоннеля механизированным щитовым комплексом с таким исполнительным органом представляет собой фактически три спаренных параллельных тоннеля, примыкающих друг к другу.

Недостатком данного устройства является наличие недоработанной породы в своде и обратном своде тоннеля в местах пересечения окружностей, что вызывает необходимость установки прогонов и колонн, а, следовательно, усложняет технологию проходки. Кроме того, такой исполнительный орган не обеспечивает сооружение тоннеля с четырьмя полосами движения транспортных средств.

Для создания тоннеля с оптимальной формой сечения, обеспечивающей четырехполосное движение транспортных средств при снижении затрат на разработку породы, а также возможность сооружения трех-, двух – и однополосных тоннелей необходим проходческий щит с исполнительным органом, повторяющим своей геометрией рациональную форму автодорожного тоннеля. Для сооружения тоннелей предложено ис-



Общий вид ТПМК «МУСКАТ»

пользовать проходческий щит «МУСКАТ», разработанный на кафедре «Сопротивления материалов» Московского Государственного Горного Университета, который представляет собой модульный универсальный скоростной комплекс с активным пригрузом забоя для сооружения автодорожных тоннелей овальной формы поперечного сечения.

Предварительно был проведен расчет нескольких видов сечений и выбрано наиболее оптимальное сечение в виде овала (пятисимметричный двойной овал) автодорожного тоннеля для четырехполосного движения транспортных средств. Ширина тоннеля вчерне 20 м, высота тоннеля 11 м, площадь сечения тоннеля вчерне составит 183 м^2.

Разработанный механизированный щитовой комплекс позволит сооружать автодорожный тоннель как в устойчивых, так и в неустойчивых породах. Проектная скорость сооружения тоннеля этим комплексом составит до 300 м тоннеля в месяц.

Исполнительный орган проходческого щита состоит их фронтального и двух боковых рабочих органов, каждый из которых выполнен в виде двух тел вращения с дугообразными образующими с заданной величиной выпуклости и двух конических рабочих органов, дорабатывающих породу за фронтальным рабочим органом. На внешней поверхности рабочих органов закреплены породоразрушающие инструменты: шарошки, резцы и скребки. При проходке в прочных породах фронтальные рабочие органы оснащают шарошками, а боковые – выдвижными шарошками, в породах средней прочности – шарошками и резцами, а в слабых породах – скребками. Фронтальный рабочий орган выполнен из нескольких модулей, длина каждого из которых соответствует ширине дорожной полосы, т.е. равна 4 м.

Исполнительный орган работает следующим образом.

При проходке тоннелей верхний и обратный его своды образуют фронтальным рабочим органом, а боковые – боковыми рабочими органами. Одновременно включают приводы исполнительного органа и затем подают его на забой посредством гидродомкратов. Разрушенная порода в рабочей зоне при проходке тоннеля в неустойчивых горных породах создает пригруз забоя, обеспечивая естественное гидродавление в разрабатываемом горном массиве. При уменьшении давления пригруза в процессе работы исполнительного органа его перемещают на забой щитовыми домкратами. При проходке в прочных породах пригруз не требуется и порода постоянно поступает в камеру.

Величина заходки исполнительного органа зависит от устойчивости массива и составляет от 200 до 700 мм.

Механизированный щитовой комплекс имеет модульную конструкцию, позволяющую трансформировать его и использовать после эксплуатации также для сооружения автодорожных тоннелей с трехполосным, двухполосным и однополосным движением транспортных средств, что коренным образом положительно отличает его от всех созданных к настоящему времени механизированных щитовых комплексов.

Данный исполнительный орган, выполненный в виде эллипсоида, позволяет строить четырехполосный автодорожный тоннель овальной формы, вытянутой вдоль горизонтальной оси. При этом длина верхнего элемента фронтального рабочего органа составляет 13,2 м, нижнего элемента – соответственно 15,1 м и каждого бокового – соответсвенно 5,5 м. Высота тоннеля равна 11 м, а ширина –

20 м, что соответствует требованиям международных стандартов.

Таким образом, спроектированный исполнительный орган позволит снизить затраты на разработку породы не менее, чем на 30%.

Сооружение и использование тоннелей в условиях мегаполиса, особенно тоннелей совмещенного типа, отличается экологичностью и рентабельностью. Исходя из требований максимального увеличения полос для автотранспорта, использование тоннелепроходческого механизированного комплекса «МУСКАТ» будет являться целесообразным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Самойлов В.П., Малицкий В.С.* Новейшая японская техника щитовой проходки тоннелей – М.: ТА Инжиниринг, 2004.

2. *Информационно*-технический проспект фирмы Herrenknecht (Германия).

3. *Валиев А.Г., Власов С.Н., Самойлов В.П.* Современные щитовые машины с активным пригрузом забоя для проходки тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях. – М.: ТА Инжиниринг, 2003.

4. *Информационно*-технический проспект фирмы Mitsubishi (Япония). ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Телегина Оксана Вячеславовна – доцент,
МГИ НИТУ «МИСиС», e-mail: ud@msmu.ru.

UDC 622.232

NEED OF MODERNIZATION OF EXECUTIVE BODIES OF THE TUNNEL-BORING MECHANIZED COMPLEXES FOR A CONSTRUCTION OF TUNNELS

Telegina O.V., Assistant Professor,
Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
e-mail: ud@msmu.ru.

The possibility of modernization of the Executive bodies of the tunnel complex. For the construction of the tunnels is proposed to use the tunneling shield «MUSCAT», developed at the Department «strength of materials» of the Moscow State Mining University, which is a modular universal high-speed complex with active counterweight to the slaughter for the construction of highway tunnels oval cross-section. Has been preliminary calculation of several types of cross-sections and choose the best section of an oval shape (patisamerica dual oval) road tunnel for four-lane traffic. Developed mechanized shield complex will allow to build a road tunnel in stable and unstable ground. Design speed of construction of the tunnel this complex will make up to 300 m of tunnel per month.

Key words: executive body, tunnel complexes, the tunnel.

REFERENCES

1. Samoilov V.P., Malitskii V.S. *Noveishaya yaponskaya tekhnika shchitovoi prokhodki tonnelei* (Advanced Japanese technology of shield tunneling), Moscow, TA Inzhiniring, 2004.

2. *Informatsionno-tekhnicheskii prospekt firmy Herrenknecht (Germaniya)* (Herrenknecht Information-and-Technical Bulletin (Germany)).

3. Valiev A.G., Vlasov S.N., Samoilov V.P. *Sovremennye shchitovye mashiny s aktivnym prigruzom zaboya dlya prokhodki tonnelei v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh* (Modern shield machines with active additional loading of face in tunneling in complicated engineering and geologic conditions), Moscow, TA Inzhiniring, 2003.

4. *Informatsionno-tekhnicheskii prospekt firmy Mitsubishi (Yaponiya)* (Mitsubishi Information-and-Technical Bulletin (Japan)).