

Аксенов Владимир Валерьевич^{1,4}, доктор техн. наук, **Казанцев Антон Александрович**², кандидат техн. наук, **Садовец Владимир Юрьевич**^{3,*}, кандидат техн. наук, доцент

¹Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН Россия, 650610, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10.

²Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Губкинский филиал, 309186, Белгородская обл., г. Губкин, ул. Комсомольская, 16

³Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

⁴Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевск, 653033, Кемеровская обл., г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а

*E-mail: vsadovec@yandex.ru

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ ВОЗВЕДЕНИЯ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ ДЛЯ ГЕОХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация: В статье рассмотрены основные методы возведения тоннельных обделок. Представлены их основные технические и технологические характеристики, проведен анализ существующих технологий возведения обделок тоннелей и выделены их достоинства и недостатки. Сформулирован замысел технологии возведения тоннельной обделки в условиях геоходной технологии образования полости в подземном пространстве. На основе проведенных в статье исследований выявлено, что наиболее подходящей технологией возведения тоннельной обделки в условиях геоходной технологии проведения выработок является технология с грунтопригрузом. Кроме этого, основываясь на результатах проведенного анализа существующих технологий возведения тоннельных обделок, а также учитывая особенности геоходной технологии проведения выработок, авторами сформулированы основные требования к технологии возведения тоннельной обделки как к системной составляющей тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) на базе геохода модели 401. На основании сформулированных требований, а также технических и конструктивных особенностей механизированного комплекса на базе геохода разработана структура системы возведения тоннельной обделки в условиях геоходной технологии. Сформулированы направления дальнейших исследований. Статья будет полезна для учета при проектировании системы возведения обделки, входящей в ТПМК на базе геохода.

Ключевые слова: тоннелепроходческие механизированные комплексы, возведение тоннельной обделки, блокоукладчик, геоход.

Информация о статье: принята 16 апреля 2021 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-4-37-44

Введение

Опытный образец геохода модели 401 диаметром 3,2 м был создан в рамках Договора № 02.G25.31.0076 от 23.05.2013 г. и технического задания к нему на условиях открытого конкурса Министерства образования и науки РФ по реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 218 от 09.04.2010 г. [1-5].

Данная статья поясняет подход к компоновке основных систем современных тоннелепроходческих механизированных комплексов, приводится замысел технологии возведения тоннельной обделки с проектированием на геоход модели 401.

Общее описание опытного образца геохода рассмотрено в работе [6]. Обоснование параметров основных и вспомогательных систем геохода приве-

дено в работах [1-6], обоснование требований к геоходу и некоторым его системам рассмотрено в работах [7-17].

Современные тоннелепроходческие механизированные комплексы

Современные тоннелепроходческие механизированные комплексы с полной разработкой забоя (full-face excavation), используемые для прокладки тоннелей в условиях городской застройки, в основном используют технологию гидро- (slurry support) и грунтопригруза (earth pressure support), известны также менее распространенные методы пневматического пригруза (compressed air support), с механическим пригрузом (mechanical support) и без пригруза как такового (natural support, open shields) [18]. В литературе, освещающей результаты влияния щитовой проходки тоннелепроходческими механизированными комплексами с гидро- и грунтопригрузом,

чаще приводятся свидетельства о более эффективной работе технологии гидропригруза, чем грунтопригруза, особенно в водонасыщенных грунтах [19, 20]. Поддерживаемое постоянным давлением несжимаемой суспензионной среды гидропригруза создает идеальные условия для противодействия давлению и экструзии неустойчивого грунтового массива в забойную камеру щита, а также для полного нагнетания раствора за тоннельную обделку [21, 22]. Пригруз пластифицированным грунтом гораздо сложнее обеспечивает поддержание обнажения забойной части массива при проходке, а тем более при плановой и внеплановой остановке щита [24]. Сам же пригруз необходим для минимизации осадок земной поверхности. Анализ литературных источников показывает, что усредненные показатели средних и максимальных значений достигаемой осадки над тоннелем (за исключением аварийных случаев) для щитов гидропригрузом составляют 6 и 11 мм, что в 2-2,5 раза ниже, чем для щитов с грунтопригрузом [23, 24]. В технологическом плане помимо разных способов удержания забоя и соответственно немного разной компоновки проходческих щитов отличие заключается и в оснащении строительной площадки, а также транспорте грунта на дневную поверхность. В щитах с грунтопригрузом транспорт грунта осуществляется, как правило, конвейерным способом (большие диаметры) либо транспортными сосудами (микротоннелирование) в то время как в случае с гидропригрузом используется трубопроводный транспорт, при этом на площадке обязательно находится сепарационная установка (рис. 1).

С энергетической точки зрения типовые энергозатраты обоих видов пригруза представлены на рисунке 2 на примере щитов диаметром 2 м. AVN – щит с гидропригрузом, EPB – щит с грунтопригрузом (Herrenknecht). Общее сравнение представлено на рисунке 2 и в таблице 1 [24].

Краткие выводы по технологиям:



Рис. 1. Строительная площадка. Выделенные зоны – дополнительное оборудование при гидропригрузе
Fig. 1. Construction site. Dedicated areas – additional equipment for hydraulic loading

Преимущества технологии EPB:

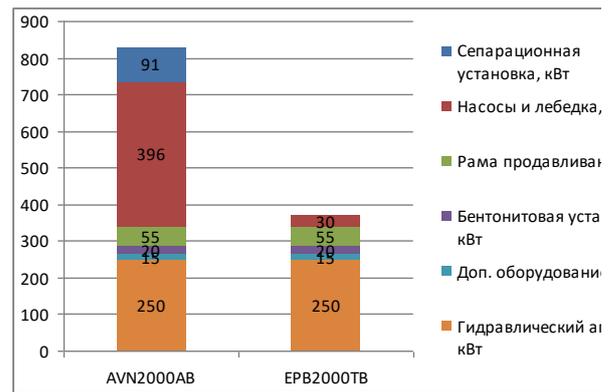


Рис. 2. Сравнение технологий по энергозатратам
Fig. 2. Comparison of technologies by power consumption

- EPB дешевле.
 - Расходные материалы для EPB дешевле.
 - Нет простоев из-за замены воды.
 - Скорость проходки EPB выше или сравнима со скоростью AVN.
 - EPB менее чувствительна к отрицательным температурам.
- Преимущества технологии AVN:
- Возможна работа в грунтах с большим притоком воды.
 - Более широкий спектр геологических условий.

Таблица 1. Сравнительная таблица технологий
Table 1. Technology Comparison Table

Расходные материалы	
Технология AVN	Технология EPB
Режущий инструмент	Режущий инструмент
Бентонит	Бентонит
Полимеры для сепарации	Пенореагент
Сита для сепарации	–
Крыльчатки и улитки насосов	–
Время монтажа	
5-7 дней	3-4 дня
Скорость проходки	
в глине 3-4 трубы в сутки	в глине 6 труб в сутки
в песке 8 труб в сутки	в песке 6 труб в сутки
Затраты за неделю	
вода x28	вода x1
Дизельное топливо x4	Дизельное топливо x2
Строительная площадка усл. м ² x3	Строительная площадка усл. м ² x2
Персонал x10	Персонал x8
Инвестиции (условно) x5	Инвестиции (условно) x4

Замысел технологии возведения тоннельной обделки

В общем виде технология возведения тоннельной обделки сводится к изоляции внутреннего пространства тоннеля от приконтурного массива при обеспечении достаточной прочности и герметичности обделки, необходимого внутреннего пространства тоннеля, при сведении к допустимым параметрам стоимости, логистики, материалоемкости, геометрических и весовых характеристик, а также с применением дополнительных мер по предотвращению просадок дневной поверхности.

При использовании ТПМК постоянная крепь (обделка) устанавливается блокоукладчиком под защитой юбки проходческого щита. Юбка представляет собой корпусную деталь, выполненную в виде полого цилиндра. Готовые сегменты (блоки) обделки, устанавливаемые в юбку щита, служат для поддержания приконтурного массива горных пород, а также опорой при создании напорных усилий гидроцилиндрами щита (в современных ТПМК). Однако между приконтурным массивом и обделкой после ее непосредственного монтажа присутствует зазор, который во избежание просадок земной поверхности следует заполнить. Структурная связь между обделкой и приконтурным массивом горных пород формируется постоянным, насколько это возможно, нагнетанием бентонитового раствора за обделку по всей трассе тоннеля. Блокоукладчик, юбка и система нагнетания – три структурных элемента, участвующие в процессе возведения обделки.

Непосредственно обделка может быть выполнена в виде [18]:

- бетонных и армированных бетонных сегментов;
- стальных и чугунных (SGI) сегментов;
- комбинированных (hybrid) сегментов (армированный бетон и сталь);
- монолитного прессованного бетона (неармированного либо армированного стекловолокном);
- сплошной деревянной крепи и затяжки;
- монолитной бетонной обделки (с опалубкой).

Последние два варианта не используются как основные из-за пожароопасности и высоких затрат соответственно [18]. О технологии с использованием прессованного бетона имеются лишь обрывочные сведения [23, 24].

Высокоточная блочная (сегментная) обделка широко используется в настоящее время при строительстве тоннелей метро. Она формируется из отдельных колец, связанных между собой метизами. Каждое кольцо состоит из отдельных блоков, число блоков варьируется и может достигать 12 шт. и более в зависимости от диаметра прокладываемого тоннеля. Каждый блок оборудован гидроизоляционным уплотнением по периметру, блоки подаются в рабочую зону в точной последовательности. Перевязка блоков между собой также осуществляется метизами.

Блокоукладчик захватывает блоки либо механически – скобой, либо пневматически с вакуумным демпфером. Точность, достигаемая при сборке кольца, значительно зависит от точности управления блокоукладчиком. Для обеспечения высокой точности сборки кольца новейшие манипуляторы

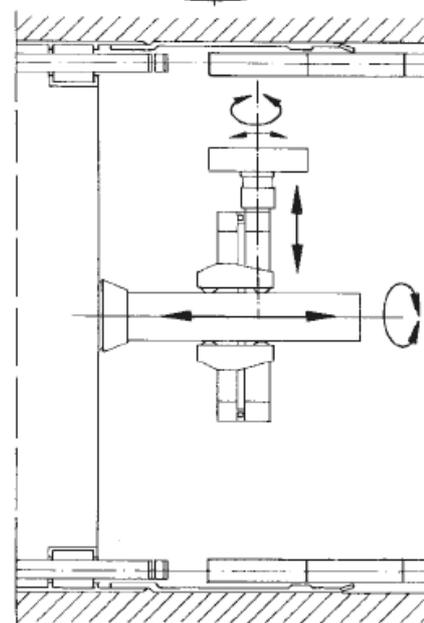
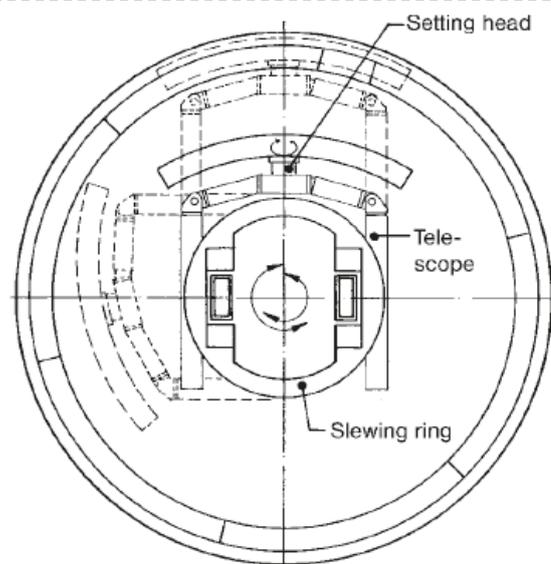


Рис. 3. Кольцевой блокоукладчик
Fig. 3. Ring block laying

блокоукладчика обладают шестью степенями свободы. Принцип работы кольцевого блокоукладчика показан на рис. 3. Манипулятор (setting head) установлен на траверсе между двумя телескопическими элементами (telescope), установленными на поворотном кольце (slewing ring). Угол вращения поворотного кольца ограничен $\pm 200^\circ$ от позиции взятия блока (pickup position) [18]. Среднее время возведения одного кольца обделки составляет 30 минут.

Требования к системе возведения обделки в составе ТПМК на базе геодога

Исходя из современного состояния техники и технологии строительства тоннелей, а также принимая во внимание особенности геодога как проходческого щита, сформулируем следующие требования к системе возведения обделки (крепи) в составе ТПМК на базе геодога по трем структурным элементам, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2. Требования к системе возведения обделки в составе ТПМК на базе геохода.

Table 2. Requirements for the lining erection system as part of a TPMK based on a geokhod.

Юбка		
Назначение	Особенности	Требования
<p>– Обеспечение защиты внутреннего пространства тоннеля от воздействия грунтовых вод и приконтурного массива горных пород.</p> <p>– Обеспечение функции «проводника» бентонитового раствора, нагнетаемого за обделку.</p>	<p>– Возможно постоянное вращение оболочки (например, в случае сопряжения с функцией внешнего двигателя).</p>	<p>– Полная герметичность внутреннего пространства от грунтовых вод и движений грунта в пределах приконтурного массива выработки.</p> <p>– Полное перекрытие контура выработки.</p> <p>– Достаточное свободное пространство для вращения блоков обделки, монтажа блокоукладчика и прохода персонала, рабочая зона монтажа блоков не должна иметь выступающих внутрь узлов и деталей.</p> <p>– Достаточная механическая прочность на одноосное сжатие и истирание (в зависимости от плотностных и механических свойств массива горных пород и планируемого ресурса работы) от действия сил горного давления и сил трения при движении оболочки, (в т.ч. при постоянном вращении оболочки).</p>
Блокоукладчик		
Назначение	Особенности	Требования
<p>– Обеспечение ритмичных операций по захвату, перемещению, позиционированию и монтажу сегментной обделки тоннеля.</p>	<p>– Связь прочностных, конструктивных и силовых параметров с материалоемкостью и габаритами сегментов обделки.</p> <p>– Необходимость питания подсистем от внешних источников.</p> <p>– Работа в совмещенном режиме (с процессами отделения и транспортирования горной массы).</p> <p>– Работа с различными видами сегментов, в т.ч. винтовыми, в т.ч. с внешним ребром жесткости.</p>	<p>– Унификация механизма захвата сегмента с конструкцией сегмента.</p> <p>– Обеспечение усилия захвата сегмента, достаточного для его подъема и удержания.</p> <p>– Обеспечение управляемых перемещений сегмента в любых направлениях.</p> <p>– Обеспечение вращательного момента и усилий, достаточных для позиционирования сегмента.</p> <p>– Наличие механизмов блокировки по 6-ти степеням свободы от самопроизвольного вращения, перемещения и выпадания сегментов, (например, под действием силы тяжести) до момента завершения монтажа сегмента в место его установки.</p> <p>– Наличие механизма(-ов), позволяющего выполнить точное позиционирование сегмента.</p> <p>– Компактность приводных механизмов.</p> <p>– Иметь минимальные и достаточные из условия прочности массо-габаритные характеристики (в случае наличия конструктивной или кинематической связи с геоходом).</p> <p>– Конструкция не должна создавать препятствий для функционирования других систем геохода (например, системы транспортирования горной массы).</p> <p>– В конструкции должно быть учтено свободное пространство для подведения коммуникаций ко всем системам геохода, а также пространство для прохода обслуживающего персонала.</p> <p>– В конструкции должна быть учтена связь режимных параметров возведения обделки и скорости проведения выработки геоходом (при работе в совмещенном режиме).</p>
Система нагнетания		
Назначение	Особенности	Требования
<p>– Обеспечение структурной связи между обделкой тоннеля и приконтурным массивом горных пород</p>	<p>– Необходимость заполнения раствором системы законтурных каналов, создаваемых внешним двигателем.</p> <p>– Необходимость питания подсистем от внешних источников.</p>	<p>– Равномерное заполнение раствором зазора между обделкой и приконтурным массивом, в т.ч. равномерное заполнение законтурных каналов, и обеспечение структурной связи раствора с обделкой и приконтурным массивом горных пород.</p> <p>– Обеспечение постоянного (во времени) давления нагнетания раствора, в т.ч. при остановке геохода в процессе проведения горной выработки (тоннеля).</p> <p>– В конструкции должна быть учтена возможность регулировки величины давления нагнетания.</p> <p>– Обеспечение механизма (системы) прочистки проводящих каналов в случае отсутствия прямого доступа к ним для ремонта и (или) обслуживания.</p> <p>– Конструкция не должна создавать препятствий для функционирования других систем геохода (например, подсистемы блокоукладчика).</p>

Выводы

1. Компоновка и состав систем геододела модели 401 больше соответствует составу ТПМК с использованием технологии грунтопригруза.
2. Компоновка и состав систем геододела модели 401 не предусматривает оборудования для возведения крепи или обделки тоннеля (что не входило в ТЗ к Договору на проектирование опытного образца).
3. Установлено, что система возведения обделки в составе ТПМК на базе геододела должна состоять не менее чем из трех подсистем: юбки, блокоукладчика и системы нагнетания раствора за обделку.
4. Сформулированы требования к системе возведения обделки в составе ТПМК на базе геододела с учетом особенностей геододела как проходческого щита.
5. Учитывая возможность проведения выработки (тоннеля) геододелом до 4...6 м/час, необходимо существенно повысить скорость возведения обделки (в 2...3 раза) для обеспечения работы оборудования в совмещенном режиме, что может быть достигнуто, например, за счет:
 - ускорения рабочих режимов и сокращения времени холостых ходов блокоукладчика;
 - применения меньшего количества сегментов обделки в одном кольце;
 - применения облегченных сегментов обделки, например, композитных;
 - применения более широких сегментов обделки;
 - применения одинаковых сегментов обделки (для прямолинейных участков).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Казанцев А.А., Вальтер А.В., Ефременков А.Б. Опыт участия в проекте по организации высокотехнологичного производства. Горное оборудование и электромеханика. 2016. №8 (126). С. 8-15.
2. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Блащук М.Ю., Ефременков А.Б., Казанцев А.А., Хорешок А.А., Вальтер А.В. Геододел: задачи, характеристики, перспективы. Горное оборудование и электромеханика. 2016. №8 (126). С. 3-8.
3. Коперчук А.В., Бегляков В.Ю. Выбор схемного решения стартового устройства геододела // Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 8 (126). С. 15-18.
4. Blashchuk M.Yu., Kasantsev A.A., Chernukhin R.V. Capacity calculation of hydraulic motors in geokhod systems for justification of energy-power block parameters // Applied Mechanics and Materials Vol. 682 (2014) pp 418-425 doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.682.418
5. Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Kazantsev A.A., Ganovichev S.I. Importance of Resultant Action of the Mining Machine Actuator for Stresses in Impact Zone of a Separate Cutter // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 127 (2016) 012030 doi:10.1088/1757-899X/127/1/012030
6. Аксёнов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Влияние уступа на НДС призабойной части горной выработки // Инновационные технологии и экономика в машиностроении. Сборник трудов II Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых. 2011. С. 575-580.
7. Chernukhin R.V., Dronov A.A., Blashchuk M.Yu. The application of the analytic hierarchy process when choosing layout schemes for a geokhod pumping station // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 6. Ser. "6th International Scientific Practical Conference on Innovative Technologies and Economics in Engineering" 2015. С. 012086. doi: 10.1088/1757-899X/91/1/012086.
8. Chernukhin R.V., Blaschuk M.Yu., Chazov P.A., Blumenstein V.Yu. Objectivation of the necessity of structural and parametric synthesis of the hydraulic drive of geokhod // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 7. Ser. "VII International Scientific Practical Conference "Innovative Technologies in Engineering"" 2016. С. 012003. doi: 10.1088/1757-899X/142/1/012003.
9. Blaschuk M.Yu., Dronov A.A., Ganovichev S.S. Calculation of geometrical parameters of geokhod transmission with hydraulic cylinders // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 7. Ser. "VII International Scientific Practical Conference "Innovative Technologies in Engineering"" 2016. С. 012128. doi: 10.1088/1757-899X/142/1/012128.
10. Коперчук А.В., Бегляков В.Ю. Синхронизация кинематических параметров геододела и стартового устройства // Инновационные технологии и экономика в машиностроении Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. Юргинский технологический институт; Ответственный редактор: Д.А. Чинахов. 2015. С. 436-438.
11. Коперчук А.В., Ворошилов В.В. Варианты стартовых систем геододела // Перспективы инновационного развития угольных регионов России. Сборник трудов V Международной научно-практической конференции. Ответственные редакторы Пудов Е.Ю., Клаус О. А. 2016. С. 130-132.
12. Дронов А.А., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю. Формирование требований к узлу сопряжения секций геододела // Горное оборудование и электромеханика. 2016. № 8 (126). С. 39-42.
13. Дронов А. А. Требования к узлу сопряжения секций геододела / А. А. Дронов // Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов IX Международной научно-практической конференции, 24–26 мая 2018 г., Юрга. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – с. 288-290.
14. Блащук М.Ю., Дронов А.А., Михеев Д.А. Особенности работы и требования к узлу сопряжения секций геододела // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции, 7–10 октября 2014 г., Кемерово. – Кемерово: Изд-во ФИЦ УУХ СО РАН, 2014. – с. 104-106.

15. Бегляков В.Ю., Капустин А.Н. Определение основных требований к корпусу (носителю) горно-проходческой машины нового класса // В сборнике: III Международная научно-практическая конференция "Современные тенденции и инновации в науке и производстве" Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в г. Междуреченске. 2014. С. 16-17.

16. Bernhard Maidl, Markus Thewes, Ulrich Maidl. Handbook of tunnel engineering. Volume I: Structures and Methods © 2013 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany ISBN: 978-3-433-03048-6

17. Мазеин С.В., Потапов М.А. Анализ параметров современных щитов с разным типом пригруза, применяемых в метростроении с минимальными осадками городской поверхности // Труды 4-й международной научно-технической конференции «Основные направления развития инновационных технологий при строительстве тоннелей и освоении подземного пространства крупных мегаполисов». – М. – 2010. – С.128-130.

18. Соломатин Ю.Е. Потапов М.А. Мазеин С.В. Активный пригруз забоя при щитовой проходке как

фактор обеспечения сохранности существующей застройки мегаполиса // Транспортное строительство. – 2013. – №5. – С.7-10.

19. Мазеин С.В. Контроль инъекционного давления твердеющего раствора за обделкой тоннеля и проходческим щитом // Горное оборудование и электромеханика. – М. – 2009. – №11. – С. 41-45.

20. Федунец Б.И., Мазеин С.В. Оснащение щита для минимизации осадки земной поверхности грунтопригрузом тоннелепроходческого механизированного комплекса // Метро и тоннели. – 2016. – №2. – С. 4-6.

21. Мазеин С.В., Прудников А.Д., Лехт В.В. Проектные решения по минимизации осадки земной поверхности грунтопригрузом тоннелепроходческого механизированного комплекса // Метро и тоннели. – 2016. – №3. – С.6-9.

22. Зубехин А.В. Методы повышения эффективности работы с микротоннелепроходческими установками Herrenknecht AG. Презентация Herrenknecht AG. Москва. 2012. – 41 с.

23. Мы строим метро: сборник. – М.: Моск. рабочий, 1983. – 320 с., ил.

24. ВСН 146-68 Технические указания по возведению монолитно-прессованных бетонных обделок тоннелей при щитовой проходке. Утв. 28 августа 1968 г.

Vladimir V. Aksenov^{1,4}, Dr. Sc. in Engineering, **Anton A. Kazantsev²**, C. Sc. in Engineering, **Vladimir Yu. Sadovets^{3,*}**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor

¹Institute of Coal of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the RAS, 650610, 10 Leningradsky Av, Kemerovo, Russia

²National Research Technological University "MISIS", Gubkinsky Branch, 309186, Belgorod Region, Gubkin, st. Komsomolskaya, 16

³T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, 28 Vesennyaya St., Kemerovo, Russia

⁴T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Prokopievsk branch, Nogradskaya str. 19a, Prokopievsk, 653039.

*E-mail: vsadovec@yandex.ru

DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR THE TUNNEL LINING CONSTRUCTION SYSTEM FOR GEOKHOD TECHNOLOGY

Abstract: The article considers the main methods of construction of tunnel linings. Their main technical and technological characteristics were presented, the existing technologies for building tones were analyzed and their advantages and disadvantages were highlighted. The idea of the technology for erecting a tunnel lining in the conditions of geo-propelled technology for the formation of a cavity in underground space is formulated. On the basis of the studies carried out in the article, it was revealed that the most suitable technology for erecting a tunnel area in the conditions of geo-propulsion technology for carrying out workings was the technology with soil. In addition, based on the results of the analysis of existing technologies for the construction of tunnel linings, as well as taking into account the peculiarities of the geologic technology for mining, the authors formulated the main requirements for the technology for the construction of the tunnel lining, as a system component of the tunneling mechanized complex (TPMK) based on the model 401 geokhod. Based on the formed requirements, as well as the technical and structural features of the mechanized com-complex based on the geode, the structure of the tunnel lining construction system was developed in the conditions of geogenic technology. The directions of further research are formulated. The article will be useful for taking into account when designing the lining construction system, which is part of TPMK on the basis of geokhod.

Keywords: tunneling mechanized complexes, the construction of a tunnel lining, a white liner, a geokhod.

Article info: received April 16, 2021

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-4-37-44

REFERENCES

1. Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Kazantsev A.A., Val'ter A.V., Efremkov A.B. Opyt uchastiya v proekte po organizatsii vysokotekhnologichnogo proiz-vodstva. Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. 2016. №8 (126). S. 8-15.
2. Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Blashchuk M.Yu., Efremkov A.B., Kazantsev A.A., Khoreshok A.A., Val'ter A.V. Geokhod: zadachi, kharakteristiki, perspektivy. Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. 2016. №8 (126). S. 3-8.
3. Koperchuk A.V., Beglyakov V.Yu. Vyborskhemnogo resheniya startovogo ustroystva geokhoda // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. 2016. № 8 (126). S. 15-18.
4. Blashchuk M.Y., Kasantsev A.A., Chernukhin R.V. Capacity calculation of hydraulic motors in geokhod systems for justification of energy-power block parameters // Applied Mechanics and Materials Vol. 682 (2014) pp 418-425 doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.682.418.
5. Aksenov V.V., Beglyakov V.Y., Kazantsev A.A., Ganovichev S.I. Importance of Resultant Action of the Mining Machine Actuator for Stresses in Impact Zone of a Separate Cutter // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 127 (2016) 012030 doi:10.1088/1757-899X/127/1/012030.
6. Aksenov V.V., Sadovets V.Yu., Beglyakov V.Yu. Vliyanie ustupa na NDS prizaboynoy chasti gornoy vyrabotki // Innovatsionnye tekhnologii i ekonomika v mashinostroenii. Sbornik trudov II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s ele-mentami nauchnoy shkoly dlya molodykh uchenykh. 2011. S. 575-580.
7. Chernukhin R.V., Dronov A.A., Blashchuk M.Y. The application of the analytic hierarchy process when choosing layout schemes for a geokhod pumping station // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 6. Ser. "6th International Scientific Practical Conference on Innovative Technologies and Economics in Engineering" 2015. S. 012086. doi: 10.1088/1757-899X/91/1/012086.
8. Chernukhin R.V., Blashchuk M.Y., Chazov P.A., Blumenstein V.Yu. Objectivation of the necessity of structural and parametric synthesis of the hydraulic drive of geokhod // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 7. Ser. "VII International Scientific Practical Conference "Innovative Technologies in Engineering" 2016. S. 012003. doi: 10.1088/1757-899X/142/1/012003.
9. Blashchuk M.Y., Dronov A.A., Ganovichev S.S. Calculation of geometrical parameters of geokhod transmission with hydraulic cylinders // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 7. Ser. "VII International Scientific Practical Conference "Innovative Technologies in Engineering" 2016. S. 012128. doi: 10.1088/1757-899X/142/1/012128.
10. Koperchuk A.V., Beglyakov V.Yu. Sinkhroniza-tsiya kinematischeskikh parametrov geokhoda i starto-vogo ustroystva // Innovatsionnye tekhnologii i ekonomika v mashinostroenii Sbornik trudov VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Yurginskiy tekhnologicheskii institut; Otvet-stvennyy redaktor: D.A. Chinakhov. 2015. S. 436-438.
11. Koperchuk A.V., Voroshilov V.V. Varianty startovykh sistem geokhoda // Perspektivy innovatsionnogo razvitiya ugol'nykh regionov Rossii. Sbornik trudov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Otvetstvennye redak-tory Pudov E. Yu., Klaus O. A. 2016. S. 130-132.
12. Dronov A.A., Blashchuk M.Yu., Timofeev V.Yu. Formirovanie trebovaniy k uzlu sopryazheniya sek-tsiy geokhoda // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. 2016. № 8 (126). S. 39-42.
13. Dronov A. A. Trebovaniya k uzlu sopryazheniya seksiy geokhoda / A. A. Dronov // Innovatsionnye tekhnologii v mashinostroenii: sbornik trudov IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 24–26 maya 2018 g., Yurga. – Tomsk: Izd-vo TPU, 2018. – s. 288-290.
14. Blashchuk M.Yu., Dronov A.A., Mikheev D.A. Osobennosti raboty i trebovaniya k uzlu sopryazheniya seksiy geokhoda // Energeticheskaya bezopasnost' Rossii. Novye podkhody k razvitiyu ugol'noy promyshlennosti: sbornik trudov XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 7–10 ok-tyabrya 2014 g., Kemerovo. – Kemerovo: Izd-vo FITs UUKh SO RAN, 2014. – s. 104-106.
15. Beglyakov V.Yu., Kapustin A.N. Opredelenie osnovnykh trebovaniy k korpusu (nositel'yu) gorno-prokhdcheskoy mashiny novogo klassa // V sbornike: III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konfe-rentsiya "Sovremennye tendentsii i innovatsii v nauke i proizvodstve" Filial federal'nogo gosudarstvennogo byudzhethnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni T.F. Gorbacheva» v g. Mezhdurechenske. 2014. S. 16-17.
16. Bernhard Maidl, Markus Thewes, Ulrich Maidl. Handbook of tunnel engineering. Volume I: Structures and Methods © 2013 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany ISBN: 978-3-433-03048-6
17. Mazein S.V., Potapov M.A. Analiz parametrov sovremennykh shchitov s raznym tipom prigru-za, primenyaemykh v metrostroenii s minimal'nymi osadkami gorodskoy poverkhnosti // Trudy 4-y mezh-dunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Os-novnye napravleniya razvitiya innovatsionnykh tekhnologiy pri

stroitel'stve tonneley i osvoenii podzemnogo prostranstva krupnykh megapolisov». – М. – 2010. – S.128-130

18. Solomatin Yu.E. Potapov M.A. Mazein S.V. Aktivnyy prigruz zaboya pri shchitovoy prokhodke kak faktor obespecheniya sokhrannosti sushchestvuyushchey zastroyki magapolisa // Transportnoe stroitel'-stvo. – 2013. – №5. – S.7-10.

19. Mazein S.V. Kontrol' in"eksionnogo davleniya tverdeyushchego rastvora za obdelkoy tonneliya i prokhodcheskim shchitom // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – М. – 2009. – №11. – S. 41-45.

20. Fedunets B.I., Mazein S.V. Osnashchenie shchita dlya minimizatsii osadki zemnoy poverkhnosti grun-toprigruzom tonneleprokhodcheskogo

mekhanizirovannogo kompleksa // Metro i tonneli. – 2016. – №2. – S.4-6.

21. Mazein S.V., Prudnikov A.D., Lekht V.V. Proektnye resheniya po minimizatsii osadki zemnoy poverkhnosti gruntoprigruzom tonneleprokhodcheskogo mekhanizirovannogo kompleksa // Metro i tonneli. – 2016. – №3. – S.6-9.

22. Zubekhin A.V. Metody povysheniya effektivnosti raboty s mikrotonneleprokhodcheskimi ustanovkami Herrenknecht AG. Prezentatsiya Herrenknecht AG. Moskva. 2012. – 41 s.

23. My stroim metro: sbornik. – М.: Mosk. rabochiy, 1983. – 320 s., il.

24. VSN 146-68 Tekhnicheskie ukazaniya po voz-vedeniyu monolitno-pressovannykh beton-nykh obdelok tonneley pri shchitovoy prokhodke. Utv. 28 avgusta 1968 g.

Библиографическое описание статьи

Аксенов В.В., Казанцев А.А., Садовец В.Ю., Разработка требований к системе возведения тоннельной обделки для геоходной технологии // Горное оборудование и электромеханика – 2021. – № 4 (156). – С. 37-44.

Reference to article

Aksenov V.V., Kazantsev A.A., Sadovets V.Yu. Development of requirements for the tunnel lining construction system for geokhod technology. Mining Equipment and Electromechanics, 2021, no.4 (156), pp. 37-44.