УДК 622.261

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК

Аксенов Владимир Валерьевич[2],
доктор технических наук, e-mail: 55vva42@mail.ru
Хорешок Алексей Алексеевич[1,2],
доктор технических наук, профессор, e-mail: haa.omit@kuzstu.ru
Адамков Аркадий Викторович[1],
кандидат технических наук, доцент e-mail: aav_75@mail.ru,
Ермаков Александр Николаевич[1],
аспирант, e-mail: cnnb@yandex.ru

[1]Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
[2]Институт угля Сибирского отделения Российской академии наук, 650065, Россия, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10

Аннотация

Охарактеризованы комбайновая и щитовая технологии строительства подземных выработок, обоснована необходимость разработки новой технологии строительства подземных выработок.

***Ключевые слова**: подземные выработки, комбайновая технология строительства выработок, щитовая технология строительства выработок, геоход, геоходная технология строительства выработок.*

В настоящее время в мире существует много видов подземных сооружений, которые могут располагаться на самых разных глубинах. Использование подземного пространства для размещения объектов различного назначения позволяет повысить эффективность использования недр. По назначению подземные выработки подразделяются на несколько основных групп (табл.1) [1].

Совместно с M-Reseach нами проведены исследования рынка проходческих щитов и оценка объемов работ по строительству подземных выработок (сооружений) в России 2012-2015 гг. В табл. 2 приведены объемы рынка строительства подземных сооружений в России с прогнозом на 2015 г. [2].

Перспективы развития подземного строительства в России обусловлены: строительством метрополитенов, реконструкцией и строительством объектов ЖКХ (водоотводы, канализации, коллекторы), добычей полезных ископаемых (угля, руд, калийных солей), дорожным строительством, в

Таблица 1. Общая классификация подземных выработок [Underground headings classification]

Подземные объекты хозяйственного назначения	**Подземные объекты социального назначения**	**Подземные объекты экологического назначения**	**Подземные объекты оборонного назначения**
Горнодобывающие предприятия	Жилые комплексы	Хранилища РАО	Командные пункты
Объекты энергетики	Предприятия торговли	Опасные технологии	Авиационны еангары
Промышленные предприятия	Спортивные сооружения		Плавбазы
Транспортные предприятия (вокзалы, тоннели, метрополитены)	Лечебные учреждения		Ракетно-пусковыекомплексы
Агрокомплексы	Учебно-научные центры		Объекты гражданской обороны
Склады, хранилища	Учреждения культуры		
Гаражи, автостоянки	Развлекательные центры		
Инженерные коммуникации			

Таблица 2. Объемы рынка строительства подземных сооружений в России в 2012-2015 гг., км
[Underground construction market volume in Russia in 2012-2015, km]

Объекты подземного строительства	Средние диаметры, м	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г. (п)
Тоннели метрополитена, км	от 5,5	30,0	48,0	52,0	98,0
Автодорожные тоннели, км	от 7 до 12	16,5	12,0	14,0	11,1
Ж/д тоннели, км	от 5	4,0	4,2	6,4	6,8
Технические тоннели (трубо-кабельные коллекторы, трубопроводы, тоннели комунального назначения), км	от 2 до 6,5	428,8	566,9	621,4	685,7
Угольные шахты, км	от 4	39,1	40,3	42,3	43,5
Рудники твердых пород (вкл. калийные соли), км	от 6,5	55,9	57,6	60,4	62,1
Туннели ГЭС (гидротехнические),км	от 2 до 6	-	-	-	-
Прочие объекты, км	от 4	57,4	72,9	79,7	90,7
Всего		**574,3**	**729,0**	**796,5**	**907,2**

частности строительством второго Байкальского тоннеля на БАМе [2].

В настоящее время подземные выработки проходят механическим и буровзрывным способами. Механический способ характеризуется комбайновой технологией строительства подземных выработок при помощи проходческих комбайнов (рис.1) и щитовой технологией строительства подземных выработок при помощи щитовых комплексов (рис. 2).

Комбайновая технология проведения выработок, несмотря на бесспорные достоинства, имеет следующие недостатки: невозможность движения проходческих аппаратов в любом направлении подземного пространства и невозможность создания больших напорных усилий на исполнительном органе для разрушения крепких пород. Для создания достаточных напорных усилий конструкторы вынуждены увеличивать массу проходческой техники, масса отдельных комбайнов уже превышает 150т. Кроме того, продолжают остро стоять вопросы безопасности ведения работ в призабойной зоне [3-19].

Совершенствование технологии проведения подземных выработок направлено по пути увеличения энерговооруженности, мощности и металлоемкости оборудования. Направления совершенствования технологии проведения подземных выработок практически исчерпали свои возможности в увеличении производительности, обеспечении безопасности работ и расширения области применения, поэтому необходима разработка новой технологии строительства подземных выработок.

В процессе работы проходческого комбайна или щита, для создания силы тяги и напорного усилия на исполнительном органе никоим образом не задействована сама внешняя геосреда, а только твердая поверхность выработки на контакте гео и воздушной сред, или при щитовом способе проход-

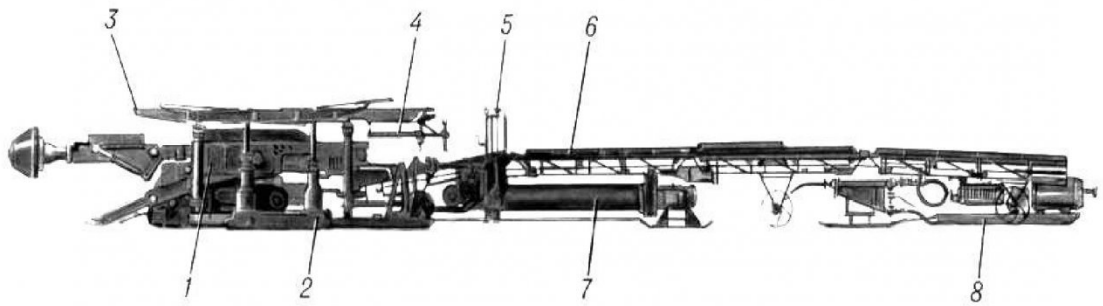

Рис. 1. Проведение подземной выработки проходческим комбайном [Tunneling with roadheader]
1 – проходческий комбайн;2 – боковые секции крепи;3 – перекрытие над комбайном;
4 – кассета для металлической сетки; 5 – бурильная установка для возведения анкерного крепления;
6 – перегружатель ленточный передвижной; 7 – пылеулавливающая установка;
8 – насосная установка.

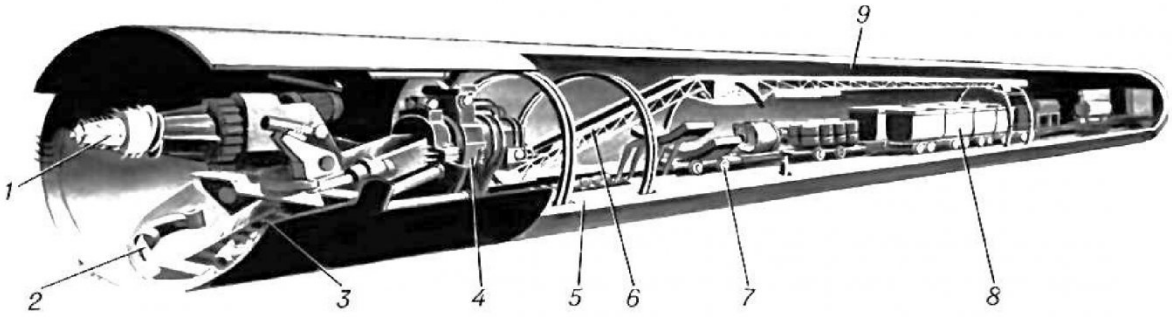

Рис. 2. Строительство подземной выработки щитовым комплексом [Tunneling with shield TBM]
1 – исполнительный орган; 2 – погрузочный орган; 3 – щит; 4 – блокоукладчик;
5 – передвижная платформа; 6 – перегружатель; 7 – блоковоз; 8 – вагонетки; 9 – блочная крепь.

ки - мощная постоянная крепь. В работе [4] разработаны научные основы геовинчестерной технологии строительства подземных выработок.

Геовинчестерная технология (ГВТ) – процесс механизированного проведения горных выработок с формированием и использованием системы законтурных винтовых и продольных каналов, в котором операции по разработке забоя, уборке горной массы, креплению выработанного пространства, а также перемещению всей проходческой системы на забой осуществляются в совмещенном режиме. Вовлечение приконтурного массива горных пород достигается введением дополнительной технологической операции – формирования системы законтурных каналов [11].

Коллектив авторов разработал конструкцию геохода (рис. 3) – проходческого агрегата, движущегося в геосреде с использованием самой геосреды. Геоход представляет собой новый класс горных машин, аналогов конструкции в мировой практике нет [11-19].

Применение геохода для строительства подземных выработок в различных горно-геологических и горнотехнических условиях сдерживается отсутствием технологических разработок в этом направлении. Нет разработанной технологии проведения подземных выработок геоходом. Название технологии принято определять по базовому средству проведения выработки, так проходческие комбайны дали название комбайновой технологии, технология проведения выработок при помощи щитовых комплексов получила название щитовой технологии. Технологию проведения выработок геоходом предлагается определять как геоходную технологию.

В настоящее время отсутствуют технологические схемы строительства выработок геоходом. Для различных горно-геологических и горнотехнических условий необходимо разработать технологические схемы проведения подземных выработок геоходом с обоснованием параметров технологических процессов (разрушение массива горных пород, погрузка и транспортирование горной массы, возведение крепи, а также выполнению ряда вспомогательных процессов).

Обоснование параметров и разработка геоходной технологии строительства подземных выработок разного назначения в различных горно-геологических и горнотехнических условиях является актуальной научно-технической проблемой.

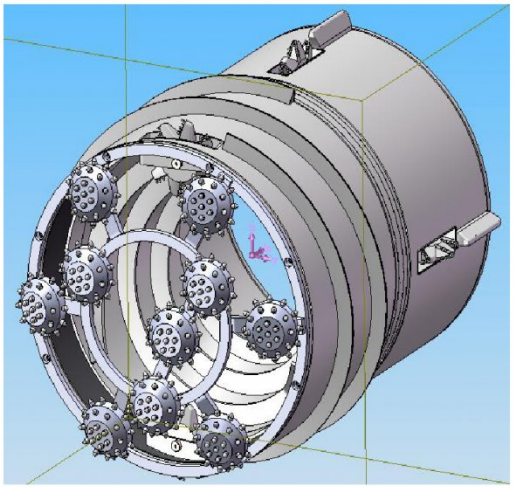

Рис.3. Проходческий агрегат геоход [Tunnel boring machine - geokhod]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Картозия, Б. А.* Освоение подземного пространства крупных городов. Новые тенденции // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) № 1, 2015 – С. 615 – 629.

2. M-Research. Маркетинговое исследование рынка проходческих щитов и оценка объемов работ по строительству подземных выработок (сооружений) в России, 2012-2015 гг.

3. *Кауфман Л. Л., Лысиков Б. А.* Большие подземные полости: дизайн и строительство, Донецк, Норд-пресс, 2009, 434 с.

4. *Левченко А. Н.* О новом направлении научных исследований в строительной геотехнологии // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2007. - №2. - С. 15-22.

5. *Левченко А. Н., Власов С. Н.* Микротоннелирование - прогрессивная технология подземного строительства. - РОБТ. - 2004. - Спецвыпуск. – С. 17-20.

6. *Ткачёв В. А., Прокопов А. Ю., Кочетов Е. В.* Шахтное и подземное строительство. Технология строительства горных выработок: учебное пособие / Шахтинский ин-т (филиал) ЮРГТУ (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2008.- 244 с.

7. Обоснование инженерных решений по эффективному освоению подземного пространства крупнейших и крупных городов. - Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2008 (Екатеринбург). - 377 с.

8. *Картозия Б. А. и др*. Шахтное и подземное строительство. Том 1. Учебник для вузов. М., изд-во Академии горных наук, 2001г. - 607с.

9. *Корчак А. В., Картозия Б. А. Мельникова С. А.* Строительная геотехнология – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 229 с.

10. *Корчак А. В.* Методология проектирования строительства подземных сооружений. – М.: Недра коммюникейшнс ЛТД, 2001. – 416 с.

11. *Аксенов В. В.* Научные основы геовинчестерной технологии проведения горных выработок и создания винтоповоротных агрегатов. Автореф. Дисс. доктора техн. наук. Кемерово: ИУУ СО РАН. 2004, – 16с.

12. *Аксенов В. В., Ефременков А. Б., Садовец В. Ю., Тимофеев В. Ю., Бегляков В. Ю., Блащук М. Ю.* Формирование требований к основным системам геохода // ГИАБ. 2009. № 12. С. 107–118.

13. *Aksenov V. V., Khoreshok A. A., Beglykov V. Y.* Justification of creation of an external propulsor for multipurpose shield-type heading machine – GEO-WALKER // Applied Mechanics and Materials. – 2013 - Vol. 379. – p. 20-23.

14. *Аксенов В. В., Ефременков А. Б., Садовец В. Ю., Резанова Е. В.* Создание инновационного инструментария для формирования подземного пространства // Вестник Кузбасского государственного технического университета , 2010– № 1. С. 42-46.

15. *Efremenkov A. B. , Aksenov V. V. , Blashchuk M. Y.* Force Parameters of Geohod Transmission with Hydraulic Drive in Various Movement Phases // 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST - 2012): Proceedings: in 2 vol., Tomsk, September 18-21, 2012. - Tomsk: TPU Press, 2012 - Vol. 2 - p. 159-163.

16. *Aksenov V. V., Efremenkov A. B. , Beglyakov V. Y.* The influence of relative distance between ledges on the stress-strain state of the rock at a face // Applied Mechanics and Materials. - 2013 - Vol. 379. - p. 16-19.

17. *Aksenov V. V. , Lavrikov S. V., Revuzhenko A. F.* Numerical modeling of deformation processes in rock pillars // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - p. 202-205.

18. *Аксенов В. В., Ефременков А. Б., Бегляков В. Ю., Бурков П. В., Блащук М. Ю., Сапожкова А. В.* Компоновочные решения машин для проведения горных выработок на основе геовинчестерной технологии // ГИАБ. 2009. № 1. С. 251–259.

19. *Аксенов В. В., Ефременков А. Б., Бегляков В. Ю., Блащук М. Ю., Тимофеев В. Ю., Сапожкова А. В.* Разработка требований к основным системам геохода // Горное оборудование и электромеханика. 2009. №5. С. 3-7

JUSTIFICATION OF NECESSITY OF NEW TECHNOLOGY OF TUNNELLING DEVELOPMENT

Aksenov Vladimir V.[2]
D.Sc. (Engineering), Professor,.e-mail: 55vva42@mail.ru
Khoreshok Aleksey A. [1,2]
D.Sc. (Engineering), Professor, e-mail: haa.omit@kuzstu.ru
AddamkovArkady V. [1]
C.Sc. (Engineering), Associate professor, e-mail: aav_75@mail.ru,
Ermakov Aleksandr N. [1]
postgraduate student, e-mail: cnnb@yandex.ru

[1] T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation
[2] Institute of Coal of the Siberian Branch of the RAS, Leningradskiy st., 10,

Abstract:t
Unneling construction technologies with shield TBMs and roadheaders are both characterized. The necessity to develop new technology of tunneling is justified.

Keywords: underground mine, roadheader tunneling, shield TBM tunneling, geokhod, geokhod technology of underground mines construction.

REFERENCES

1. Kartoziya, B.A. Osvoenie podzemnogo prostranstva krupnykh gorodov. Novye tendentsii [Development of underground space in large cities. new Trends] // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal) [Mining informational and analytical bulletin] N1, 2015 – P. 615 – 629.

2. M-Research. Marketingovoe issledovanie rynka prokhodcheskikh shchitov i otsenka ob"-emov rabot po stroitel'stvu podzemnykh vyrabotok (sooruzheniy) v Rossii [Market research in tunnel boring machine and the Assessment of the volume of works for the construction of underground excavations (structures) in Russia 2012-2015 years], 2012-2015 gg.

3. Kaufman L.L., Lysikov B.A. Bol'shie podzemnye polosti: dizayn i stroitel'stvo [Large underground cavity: design and construction], Donetsk, Nord-press, 2009, 434 P.

4. Levchenko A.N. O novom napravlenii nauchnykh issledovaniy v stroitel'noy geo-tekhnologii [A new direction of research in the construction of Geotechnology] // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. [Mining informational and analytical bulletin] - 2007. - N2. - P. 15-22.

5. Levchenko A.N., Vlasov S.N. Mikrotonnelirovanie - progressivnaya tekhnologiya podzemnogo stroitel'stva.[Microtunnelling - progressive technology of underground construction.] - ROBT. - 2004. - Special Issue. – P. 17-20.

6. Tkachev V.A., Prokopov A.Yu., Kochetov E.V. Shakhtnoe i podzemnoe stroitel'stvo. Tekhnologiya stroitel'stva gornykh vyrabotok: uchebnoe posobie [Mining and underground construction. Construction technology mining: a tutorial]/ Shakhtinskiy in-t (filial) YuRGTU (NPI). – Novocherkassk: YuRGTU (NPI), 2008.- 244 P.

7. Obosnovanie inzhenernykh resheniy po effektivnomu osvoeniyu podzemnogo prostranstva krupneyshikh i krupnykh gorodov. [Justification of engineering solutions for the effective development of underground space large and major cities]- Ekaterinburg :UGGU, 2008 (Ekaterinburg). - 377 P.

8. Kartoziya B.A. i dr. Shakhtnoe i podzemnoe stroitel'stvo. Tom 1. Uchebnik dlya vuzov. [Mining and underground construction. Volume 1. The textbook for high schools] M., Mining Sciences Academy, 2001. - 607P.

9. Korchak A. V., Kartoziya B. A. Mel'nikova S. A. Stroitel'naya geotekhnologiya [Construction geotechnology]– M.:MGGU, 2003. – 229 P.

10. Korchak A.V. Metodologiya proektirovaniya stroitel'stva podzemnykh sooruzheniy. [Design methodology of underground construction] – M.: Nedra kommyunikeyshns LTD, 2001. – 416 P.

11. Aksenov V.V. Nauchnye osnovy geovinchesternoy tekhnologii provedeniya gornykh vyrabotok i sozdaniya vintopovorotnykh agregatov. [Scientific bases of geovinchester technology for mining and creation of geokhod aggregates] Avtoref. Diss. doktora tekhn. nauk. Kemerovo: IUU SO RAN. 2004, – 16P.

12. Aksenov V. V., Efremenkov A. B., Sadovets V. Yu., Timofeev V. Yu., Beglyakov V. Yu., Blashchuk M. Yu. Formirovanie trebovaniy k osnovnym sistemam geokhoda [Formation of requirements for geokhods' basic systems]// GIAB[Mining informational and analytical bulletin]. 2009. N 12. P. 107–118.

13. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Beglykov V.Y. Justification of creation of an external propulsor for multipurpose shield-type heading machine – GEO-WALKER // Applied Mechanics and Materials. – 2013 - Vol. 379. – p. 20-23.

14. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Sadovets V.Yu., Rezanova E.V. Sozdanie innovatsi-onnogo instrumentariya dlya formirovaniya podzemnogo prostranstva [Creation of innovative toolkit for the formation of underground space] // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta, 2010– N 1. P. 42-46.

15. Efremenkov A. B. , Aksenov V. V. , Blashchuk M. Y. Force Parameters of Geohod Transmission with Hydraulic Drive in Various Movement Phases // 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST - 2012): Proceedings: in 2 vol., Tomsk, September 18-21, 2012. - Tomsk: TPU Press, 2012 - Vol. 2 - p. 159-163.

16. Aksenov V. V. , Efremenkov A. B. , Beglyakov V. Y. The influence of relative distance between ledges on the stress-strain state of the rock at a face // Applied Mechanics and Materials. - 2013 - Vol. 379. - p. 16-19.

17. Aksenov V. V. , Lavrikov S. V. , Revuzhenko A. F. Numerical modeling of deformation processes in rock pillars // Applied Mechanics and Materials. - 2014 - Vol. 682. - p. 202-205.

18. Aksenov V. V., Efremenkov A. B., Beglyakov V. Yu., Burkov P. V., Blashchuk M. Yu., Sapozhkova A. V. Komponovochnye resheniya mashin dlya provedeniya gornykh vyrabotok na osnove geovinchesternoy tekhnologii [Arrangement solutions of machines for mining technology based on geovinchester technology] // GIAB [Mining informational and analytical bulletin]. 2009. N 1. P. 251–259.

19. Aksenov V. V., Efremenkov A. B., Beglyakov V. Yu., Blashchuk M. Yu., Timofeev V. Yu., Sapozhkova A. V. Razrabotka trebovaniy k osnovnym sistemam geokhoda // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika [Mining Equipment and Electrical Engineering]. 2009

Received 29.04.2015