

Геоходная технология строительства подземных выработок: необходимость создания

В.В. Аксенов¹✉, А.А. Казанцев², Д.А. Пашков³

¹ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация

² Филиал НИТУ МИСИС в г. Губкине, г. Губкин, Российская Федерация

³ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация
✉ 55vva42@mail.ru

Резюме: В статье представлена необходимость создания геоходных технологий строительства подземных выработок. Приведены основные проблемы современных технологий строительства подземных выработок. Отмечен новый подход к строительству подземных выработок и формированию подземного пространства, при котором проходка подземных выработок изначально рассматривается как процесс движения твердого тела (проходческого аппарата) в среде окружающих горных пород (геосреде). Рассмотрены основные структурные элементы технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике. В процессе формирования одного из структурных элементов уклада, а именно проектно-технологического инструментария, первоочередным является создание спектра технологий строительства ПВ различного назначения и расположения в недрах Земли для различных геосред. Авторами сформированы понятие «Геоходные технологии строительства подземных выработок» и их области применения. Выявлена необходимость разработки новых конструктивных и технологических решений, относящихся к процессу крепления проводимой выработки законтурной крепью и, особенно, к проблеме строительства подземных выработок переменного профиля.

Ключевые слова: горные машины, технологии проходки подземных выработок, технологический уклад, геоход, геосреда, геоходные технологии строительства подземных выработок

Благодарности: Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2021-0002 «Разработка эффективных технологий добычи угля роботизированными горнодобывающими комплексами без постоянного присутствия людей в зонах ведения горных работ, систем управления и методов оценки технического состояния и диагностики их ресурса и обоснование обеспечения воспроизводства минерально-сырьевой базы» (рег. №АААА-А21-121012290021-1).

Для цитирования: Аксенов В.В., Казанцев А.А., Пашков Д.А. Геоходная технология строительства подземных выработок: необходимость создания. *Горная промышленность*. 2023;(S2):83–89. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S2-83-89>

Geokhod tunneling technology: the need for creation

V.V. Aksenov¹✉, A.A. Kazantsev², D.A. Pashkov³

¹ Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation

² Gubkin branch of NUST MISIS, Gubkin, Russian Federation

³ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation
✉ 55vva42@mail.ru

Abstract: The article discusses the need to create geokhod-based technologies for construction of underground workings. It reviews the main drawbacks of the current tunneling technologies. A new approach is emphasized to driving underground workings and shaping of underground space, where tunneling is initially considered as the movement process of a solid body, i.e. the tunneling machine, through the surrounding rocks (the geologic environment). The main structural elements of the technological mode to shape, i.e. to develop, the underground space are considered based on the priority development of new approaches to construction geotechnology and geotechnics. In the process of shaping one of the structural elements of the technological mode, i.e. the design and technological tools, the first priority is to create a range of technologies to drive underground workings for various purposes and location within the subsurface space and for different geological environments. The authors have formed the concept of Geokhod tunneling technologies and defined their application areas. The need for the development of new design and technological solutions related to rock support with the perimeter support and, especially, to the challenges of driving tunnels of variable cross-section is identified.

Keywords: mining machines, tunneling technologies, technological mode, geokhod, geological environment, geokhod tunneling technologies

Acknowledgments: The studies were performed with financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (state assignment of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Project FWEZ-2021-0002 'Development of efficient technologies of coal mining by robotic mining complexes operating without permanent presence of personnel in mining zones, design of control systems and methods to assess their technical condition and operating life as well as justification of the mineral resource base reproduction' (Reg. No.AAA-A-A21-121012290021-1).

For citation: Aksenov V.V., Kazantsev A.A., Pashkov D.A. Geokhod tunneling technology: the need for creation. *Russian Mining Industry*. 2023;(S2):83–89. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S2-83-89>

Введение

Термин «проходка» согласно терминологическому словарю «Горное дело» [1] означает «искусственное образование в земной коре полостей путем выемки горных пород при ведении горных работ». Такой подход, понимание проходки горных выработок издавна определял и до настоящего времени определяет пути развития геотехнологий строительства подземных выработок (ПВ) и, соответственно, совершенствования горнопроходческой техники (ГПТ).

Формирование подземного пространства (проходка) (ПП) в современных условиях обеспечивается двумя видами проходческих аппаратов (ПА) [2; 3]: проходческими комбайнами и проходческими щитами.

Для перемещения, подачи на забой ПА, как правило, используются внешние движители: гусеничные или распорно-шагающие. Но они (движители), хорошо показавшие себя при ведении строительных работ на земной поверхности (на контакте твердой и воздушной сред), ни в коей мере не приспособлены для движения в породном массиве. В создании силы тяги и напорного усилия на исполнительном органе никоим образом не задействована сама внешняя среда – приконтурный массив горных пород, а только твердая поверхность выработки на границе раздела гео- и воздушной сред, или при щитовом способе проходки – мощная постоянная крепь.

Основными проблемами современных технологий строительства ПВ являются:

- зависимость тягового усилия от веса ПА и, как следствие, невозможность создания достаточных (больших) напорных усилий на исполнительном органе для разрушения крепких пород;
- невозможность для существующих ПА двигаться в любом направлении недр Земли.

Конструкторы проходческих комбайнов для повышения напорных усилий на исполнительном органе вынуждены увеличивать массу проходческих комбайнов, масса которых уже достигает 150 т.

Следует особо отметить, что задача снижения общей металлоемкости (массы) машины не рассматривается даже в отдаленной перспективе.

Развитие работ в области геотехнологий и геотехники в дальнейшем может идти по двум направлениям [4; 5]:

- 1) для существующего ГПТ – модернизация и его совершенствование;
- 2) создание нового, геотехнологического инструментария (технологий, геотехники) для формирования ПП.

Существующие технологии строительства ПВ, двигаясь в направлении увеличения мощности и металлоемкости оборудования, практически исчерпали свои возможности в увеличении производительности и расширения области применения.

Новый подход к строительству подземных выработок и формированию подземного пространства

На пути создания принципиально нового подхода (инструментария) для строительства ПВ были рассмотрены альтернативные подходы и решения, используемые, в частности, в самолето- и кораблестроении. В этих областях проводятся исследования и реализуются их результаты, в основу которых положен процесс изучения движения твердого тела (самолета, подводной лодки) соответственно в воздушной и (или) водной средах.

В настоящее время сформирован и активно реализуется *новый подход* к строительству ПВ и формированию ПП – *проходка подземных выработок изначально рассматривается как процесс движения твердого тела (проходческого аппарата) в среде окружающих горных пород (геосреде)* [2–6].

Окружающий приконтурный массив горных пород при этом выполняет функции:

- опорного элемента, участвующего в создании движущей силы (тягового усилия) ПА и формировании напорного усилия на исполнительном органе ПА;
- восприятия реактивных усилий, возникающих при движении ПА;
- выполнения основных технологических операций, включая и крепление ПВ постоянной крепью.

В настоящее время разработана и реализуется *концепция* создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) ПП на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике [4]. Структура уклада представлена на рис. 1.



Рис. 1 Структура перспективного технологического уклада освоения (формирования) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике [4]

Fig. 1 Structural scheme of the prospective technological mode to develop, i.e. to shape, the underground space based on the priority development of new approaches to construction geotechnology and geotechnics [4]

Основными структурными элементами технологического уклада являются [4]:

- создание ПА, взаимодействующих с геосредой;
- геодинамика ПА;
- центр испытаний ПА;
- проектно-технологический инструментарий.

Создание ПА, взаимодействующих с геосредой [4]:

- отрасль промышленности, занимающаяся изготовлением опытных образцов и производством ПА;
- научная дисциплина, связанная с проектированием и конструированием ПА и его систем.

Научно-производственный коллектив, включающий сотрудников ряда организаций (ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, ООО «Сибирское НПО», КузГТУ, НИ ТПУ и др.), ведет работы по созданию геоходов – нового класса проходческих подземных аппаратов (ПА), движущихся в недрах Земли с использованием приконтурного массива горных пород (геосреды) [2–6]. Один из примеров ПА класса «Геоход» представлен на рис. 2.



Рис. 2
Опытный образец ПА класса «Геоход» диаметром 3,2 м

Fig. 2
Prototype of the Geokhod-class tunneling machine with the diameter of 3.2 m

Аналогов геоходам среди существующих ГПТ нет.

Отличительные особенности ПА класса «Геоход» [2–6]:

- включение законтурного массива горных пород для формирования тягового и напорного усилий (использование геосреды);

- возможность горизонтального и вертикального маневрирования;

- исключение веса машины из процесса формирования тягового и напорного усилий.

В составе геохода присутствуют функциональные системы (рис. 3), отсутствующие в серийных ГПТ:

- законтурные элементы корпуса: внешний движитель (ВД), элементы противовращения (ЭП) [2–7];

- исполнительные органы (ИО) законтурных элементов – ИО ВД и ИО ЭП [2–9];

- узел сопряжения тяговой и стабилизирующей секций [10];

- вращающаяся оболочка тяговой секции [2–6];

- система маневрирования [2–6].

Основные (базовые) системы геоходов, представленные

на рис. 3, не имеют аналогов в горном машиностроении, отличаются по назначению и принципу работы от всех существующих систем ПА.

В настоящее время в части создания геоходов и его систем:

- разработаны компоновочные схемы и конструктивные решения [5–12];

- разработаны модели взаимодействия геохода и его систем с геосредой [2–9];

- разработаны и изготовлены опытные образцы геоходов [2];

- проведены испытания опытных образцов [2].

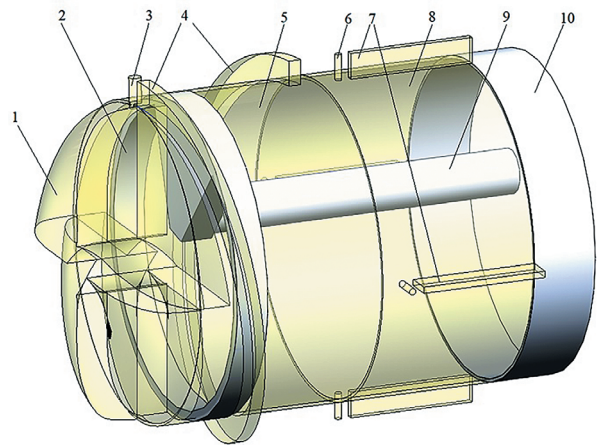


Рис. 3
ПА класса «Геоход»
1 – исполнительный орган;
2 – погрузочная система;
3 – исполнительный орган внешнего движителя;
4 – внешний движитель;
5 – тяговая секция;
6 – исполнительный орган элемента противовращения;
7 – элемент противовращения;
8 – стабилизирующая секция;
9 – транспортная система внутри геохода;
10 – крепеустановщик

Fig. 3
The Geokhod-class tunneling machine
1 – actuator;
2 – loading system;
3 – actuator of the external mover;
4 – external drive;
5 – traction section;
6 – actuator of the counter-rotation element;
7 – counter-rotation element;
8 – stabilizing section;
9 – transport system inside the geokhod;
10 – rock support installation device

Одной из последних разработок научно-производственного коллектива, занимающегося созданием геоходов, является ПА с изгибающимся корпусом (рис. 4). Изгибание корпуса ведет к резкому увеличению возможности маневрирования геохода по трассе проводимой ПВ. При маневрировании геохода выработка формируется переменного профиля (рис. 5).

Геодинамика подземных аппаратов – новая область науки, изучающая законы взаимодействия ПА и их частей с различными геосредами [4–6].

Основными задачами геодинамики ПА являются [4–6]:

- определение сил и моментов, действующих на ПА и его элементы при различных условиях и направлениях движения;

- определение рациональной внешней формы ПА;

- определение рациональной (геодинамической) формы поверхности геосреды;

- определение закона движения ПА под действием внешних сил и моментов.

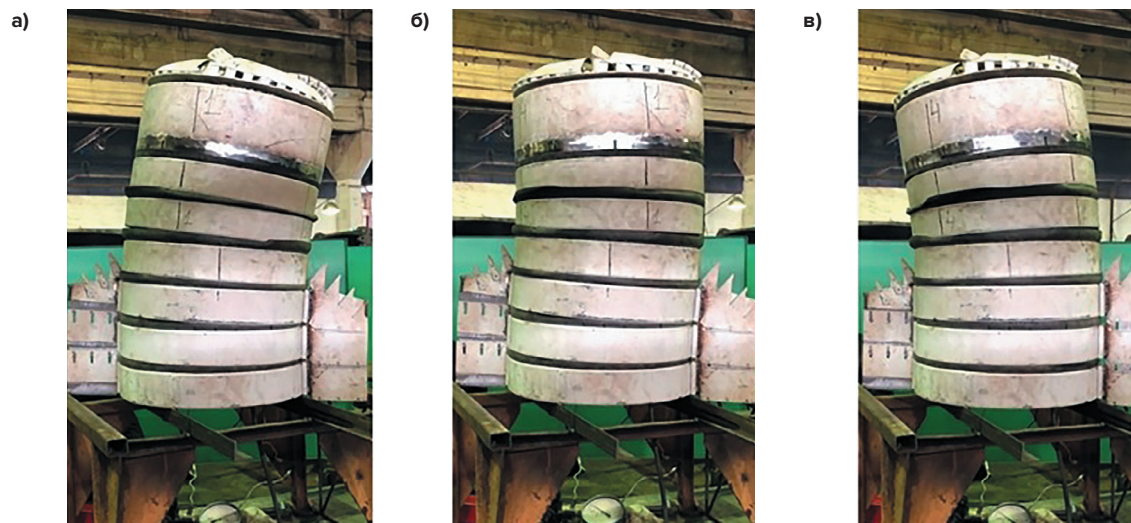


Рис. 4
 ПА класса «Геоход» с изгибающимся корпусом:
 а – крайнее положение «поворот вправо», все сочленения в крайнем правом положении;
 б – промежуточное положение, изгиб верхнего сочленения в завершающей фазе, изгиб нижнего сочленения – в начальной фазе;
 в – крайнее положение «поворот влево», все сочленения в крайнем левом положении

Fig. 4
 The Geokhod-class tunneling machine with the bending body:
 a – extreme “turn to the right” position, all the linkage joints are in the rightmost position;
 б – intermediate position, bending of the upper linkage joint is in the final phase, bending of the lower linkage joint is in the initial phase;
 в – extreme “turn to the left” position, all the linkage joints are in the leftmost position

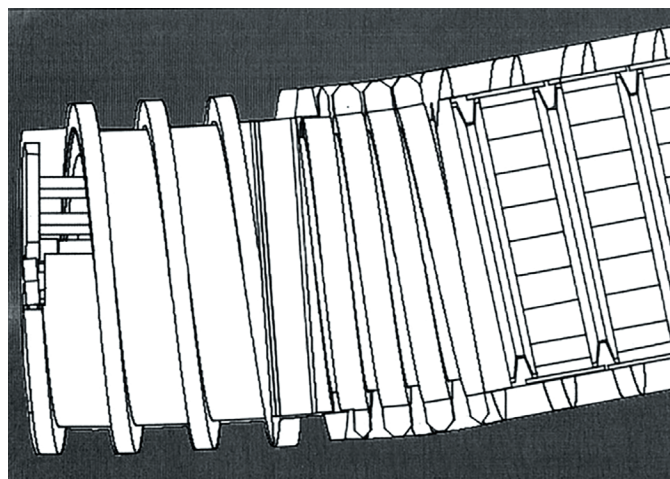


Рис. 5
 Проходка геоходом выработки переменного профиля

Fig. 5
 Driving of variable size tunnels using Geokhod

Центр(ы) испытаний подземной техники. Цель создания центра(ов) испытаний ПА. Формирование базы для ускорения процесса разработки, изготовления, испытания, внедрения и реализации (продажи) изделий ПА [4–6].

Проектно-технологический инструментарий включает [4]:

- создание технологий строительства ПВ ПА различного назначения, расположения в недрах Земли для различных горно-геологических условий;
- проектирование подземных сооружений (ПС) различного назначения и др.;
- навигационное обеспечение и др.;
- подготовка кадров;

- создание и совершенствование нормативно-законодательной базы;
- обеспечение безопасности работ и эксплуатации геотехники.

Все ключевые структурные элементы технологического уклада имеют свое специальное назначение, тесно связаны между собой и вместе образуют технико-экономическую парадигму, основой (фундаментом) которой являются геодинамика ПА, создание ПА, взаимодействующих с геосредой, центр испытаний ПА. Проектно-технологический инструментарий, в свою очередь, расположен на вершине тетраэдра, объединяет все элементы в себе. Расширение знаний, опыта по каждому структурному элементу технологического уклада увеличивает объем тетраэдра, т.е. парадигмы знаний.

Первоочередным в процессе формирования проектно-технологического инструментария является создание спектра технологий строительства ПВ различного назначения и расположения в недрах Земли для различных геосред.

Новые технологии строительства подземных выработок

Новые технологии строительства ПВ – геоходные технологии – процесс механизированного проведения и крепления ПВ геоходами 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 – фор-

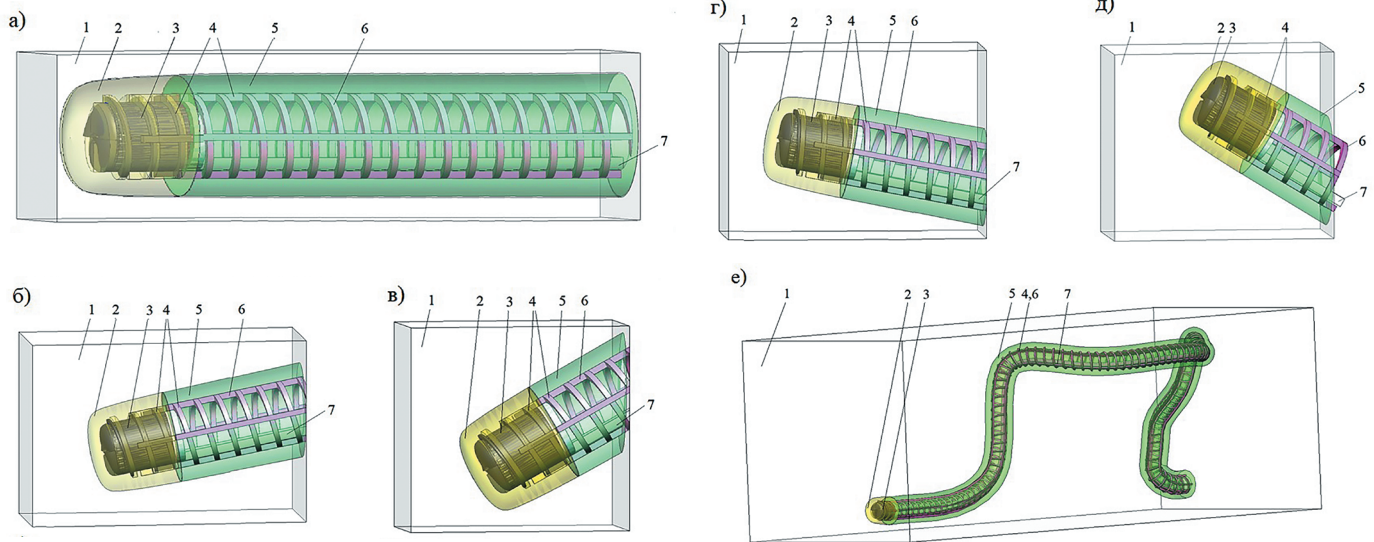


Рис. 6
Схемные решения геоходной технологии строительства ПВ:
а – горизонтальных; б – наклонных сверху вниз;
в – крутонаклонных сверху вниз; г – наклонных снизу вверх;
д – крутонаклонных снизу вверх; е – переменного профиля;
1 – массив горных пород; 2 – геосреда;
3 – геоход; 4 – система законтурных каналов;
5 – приконтурный массив горных пород; 6 – крепь;
7 – транспортирующая система

Fig. 6
Schematic solutions of the geokhod technology for driving of underground workings:
a – horizontal; b – inclined from top to bottom;
c – steeply inclined from top to bottom; d – inclined from bottom to top; e – steeply inclined from bottom to top; f – of variable profile;
1 – rock mass; 2 – geo-environment;
3 – geokhod; 4 – system of contour channels;
5 – surrounding rock mass; 6 – rock support;
7 – transportation system

Таблица 1
Урупненная оценка состояния дел по технологическим процессам в геоходной технологии строительства подземных выработок

Table 1
Aggregated assessment of the state of affairs by technological processes in geokhod technology of construction of underground mine workings

Технологический процесс	Направление проводимой подземной выработки						
	Горизонтальное прямолинейное	Горизонтальное с измен. направл.	Наклонное сверху вниз	Крутонаклонное сверху вниз	Наклонное снизу вверх	Крутонаклонное снизу вверх	Переменного профиля
Геоход – базовая проходческая машина							
Отделение породы в забое	○	○	○	○	○	○	○
Крепление призабойной зоны	○	○	○	○	○	○	○
Погрузка горной массы (ГМ) в забое	○	○	○	○	○	○	○
Транспортирование ГМ из забоя	○	○	○	○	○	○	НД
Технология строительства							
Технологические схемы	ПР	ПР	НР	НР	НР	НР	НР
Организация работ	НР	НР	НР	НР	НР	НР	НР
Оборудование							
Крепление выработки традиционной крепью	НД	НД	НД	НД	НД	НД	НР
Крепление выработки законтурной крепью	НР	НР	НР	НР	НР	НР	НР
Транспортирование ГМ по выработке	НД	НД	НД	НД	НД	НД	НР
Доставка материалов в забой	НД	НД	НД	НД	НД	НД	НР
Проветривание	НД	НД	НД	НД	НД	НД	НР
Водоотлив	НД	НД	НД	НД	НД	НД	НР

Примечание: ○ – обеспечивается выполнение процесса; НД – необходима доработка известных решений; ПР – имеются предварительные решения; НР – необходима разработка новых решений

мирования системы винтовых и продольных каналов за контуром проводимой выработки.

Область применения геоходных технологий:

- строительство ПВ различного расположения в пространстве;
- возведение ПС различного назначения;
- городские коллекторы;
- магистральные тоннели метро;
- подземные склады, хранилища, переходы, гаражи;
- ликвидация техногенных аварий;
- формирование пространства внутри других планет;
- ПВ специального назначения.

Формирование системы винтовых и продольных каналов за контуром проводимой выработки предрасполагает к созданию нового вида крепей.

Новый вид крепей горных выработок и обделок ПС – геовстроенная (законтурная) крепь.

Геовстроенная (законтурная) крепь базируется на использовании винтовых и продольных каналов за контуром проводимой ПВ для формирования пространственной несущей системы «крепь – приконтурный массив пород».

На основании разработанных конструктивных решений, особенностей работы ПА класса «Геоход», геодинамики ПА и нового вида крепей, нами разработаны схемные решения геоходной технологии строительства ПВ (рис. 6).

В табл. 1 представлена укрупненная оценка состояния дел по технологическим процессам в геоходной технологии строительства ПВ.

На основании табл. 1 стоит отметить, что:

- наиболее полно проработаны конструктивные и технологические вопросы и разработаны решения по ПА «Геоход»;

– в части технологических схем и организации работ при строительстве ПВ по геоходной технологии необходима разработка новых решений.

Необходимость разработки новых конструктивных и технологических решений в полной мере относится к процессу крепления проводимой ПВ законтурной крепью и, особенно, к проблеме строительства ПВ переменного профиля.

Заключение

Одним из основных структурных элементов перспективного технологического уклада формирования ПП является «проектно-технологический инструментарий».

Первоочередным в процессе формирования проектно-технологического инструментария является создание спектра технологий строительства ПВ различного назначения и расположения в недрах Земли для различных геосред.

Сформированы понятие «Геоходные технологии строительства ПВ» и определены области их применения.

Разработаны схемные решения геоходной технологии строительства ПВ.

Выявлена необходимость разработки новых конструктивных и технологических решений, относящихся к процессу крепления проводимой выработки законтурной крепью и, особенно, к проблеме строительства ПВ переменного профиля.

Список литературы

1. Каплунов Д.Р. (ред.). *Горное дело: Терминологический словарь*. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Горная книга; 2016. 635 с.
2. Ефременков А.Б. *Разработка научных основ создания систем геохода: дис. ... д-ра техн. наук*. Кемерово; 2016. 314 с.
3. Бегляков В.Ю. *Обоснование параметров поверхности взаимодействия исполнительного органа геохода с породой забоя: дис. ... д-ра техн. наук*. Юрга; 2012. 139 с.
4. Аксенов В.В., Хорешок А.А., Бегляков В.Ю. Концепция создания перспективного технологического уклада формирования (освоения) подземного пространства на базе опережающего развития новых подходов в строительной геотехнологии и геотехнике. Часть 2. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2018;(5):43–51. <https://doi.org/10.26730/1999-4125-2018-5-43-51>
5. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Дубинкин Д.М. Обоснование необходимости создания нового научного направления – геодинамика подземных аппаратов. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2021;13(4):637–643. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2021-13-4-637-643>
6. Аксенов В.В., Хорешок А.А., Бегляков В.Ю., Пашков Д.А. Геодинамика проходческих подземных аппаратов. Геосреда, форма и поверхности. *Горное оборудование и электромеханика*. 2021;(3):39–47. <https://doi.org/10.26730/1816-4528-2021-3-39-47>
7. Костинцев И.К. *Обоснование параметров опорной поверхности внешнего движителя геохода: дис. ... д-ра техн. наук*. Кемерово; 2018. 153 с.
8. Ермаков А.Н. Оценка коэффициента вариации крутящего момента на законтурных исполнительных органах геохода. *Горное оборудование и электромеханика*. 2016;(8):25–29.
9. Khoreshok A., Ananyev K., Ermakov A., Babarykin A. Estimation of the overall dimensions of the outer elements of geokhod. *E3S Web of Conferences*. 2019;105:03007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910503007>
10. Blaschuk M.Y., Dronov A.A., Ganovichev S.S. Calculation of Free Interior Dimensions in Geokhod Transmission with Hydraulic Cylinders. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016;127:012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/127/1/012033>
11. Хорешок А.А., Ананьев К.А., Ермаков А.Н. Определение рационального числа резцов в линиях резания барабанных исполнительных органов геоходов. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2017;(3):110–116. Режим доступа: <https://journals.kuzstu.ru/article/3229.pdf>

12. 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*. 2016;142:12128. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/142/1/012128>

References

1. Kaplunov D.R. (ed.) *Mining: Terminological dictionary*. 5th ed. Moscow: Gornaya Kniga; 2016. 635 p. (In Russ.)
2. Efremkov A.B. *Development of scientific bases for creating geokhod systems* [Dr. Sci. (Eng.) diss.]. Kemerovo; 2016. 314 p. (In Russ.)
3. Beglyakov V.Yu. *Justification of the parameters of the interaction surface of the geokhod's executive body with the rock face* [Dr. Sci. (Eng.) diss.]. Yurga; 2012. 139 p. (In Russ.)
4. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Beglyakov V.Yu. The concept of creating perspective technological layout of formation (development) of the underground space on the basis of a leading development of new approaches in construction geotechnology and geotechnics. Part 2. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2018;(5):43–51. (In Russ.) <https://doi.org/10.26730/1999-4125-2018-5-43-51>
5. Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Dubinkin D.M. Substantiation of the need to create a new scientific direction – geodynamics of underground apparatuses. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2021;13(4):637–643. (In Russ.) <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2021-13-4-637-643>
6. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Beglyakov V.Yu., Pashkov D.A. Geodynamics of underground apparatuses. The formula is a specialty, research. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2021;(3):39–47. (In Russ.) <https://doi.org/10.26730/1816-4528-2021-3-39-47>
7. Kostinets I.K. *Justification of the parameters of the supporting surface of the external propulsor of the geokhod* [Dr. Sci. (Eng.) diss.]. Kemerovo; 2018. 153 p. (In Russ.)
8. Ermakov A.N. Stimulation of coefficient of variation of torque of geokhods out of cross section cutting drum. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2016;(8):25–29. (In Russ.)
9. Khoreshok A., Ananyev K., Ermakov A., Babarykin A. Estimation of the overall dimensions of the outer elements of geokhod. *E3S Web of Conferences*. 2019;105:03007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910503007>
10. Blaschuk M.Y., Dronov A.A., Ganovichev S.S. Calculation of Free Interior Dimensions in Geokhod Transmission with Hydraulic Cylinders. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016;127:012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/127/1/012033>
11. Khoreshok A.A., Ananiev K.A., Ermakov A.N. Determination of the rational number of picks in the cutting lines of geokhod's cutting drum. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2017;(3):110–116. (In Russ.) Available at: <https://journals.kuzstu.ru/article/3229.pdf>
12. 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*. 2016;142:12128. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/142/1/012128>

Информация об авторах

Аксенов Владимир Валерьевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: 55vva42@mail.ru

Казанцев Антон Александрович – кандидат технических наук, доцент, Филиал НИТУ МИСИС в г. Губкине, г. Губкин, Российская Федерация

Пашков Дмитрий Алексеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник научного центра «Цифровые технологии», Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 13.08.2023

Поступила после рецензирования: 04.09.2023

Принята к публикации: 05.09.2023

Information about the authors

Vladimir V. Aksenov – Dr. Sci. (Eng.), Chief Researcher, Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: 55vva42@mail.ru

Anton A. Kazantsev – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Gubkin Branch of NITU MISIS, Gubkin, Russian Federation

Dmitry A. Pashkov – Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Research Center “Digital Technologies”, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation

Article info

Received: 13.08.2023

Revised: 04.09.2023

Accepted: 05.09.2023